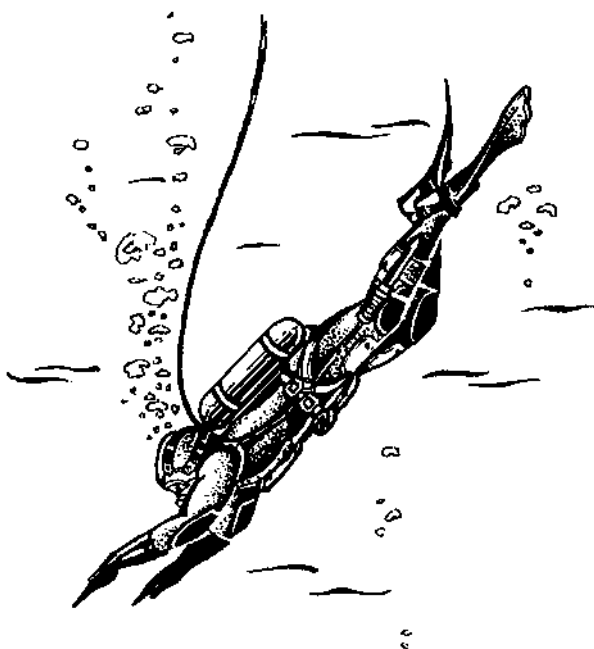


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ -
ИНСТИТУТ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

В.В.Смолин, Г.М.Соколов, Б.Н.Павлов

ВОДОЛАЗНЫЕ СПУСКИ И ИХ МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ



2001

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ -
ИНСТИТУТ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

В.В.Смолин, Г.М.Соколов, Б.Н.Павлов

**ВОДОЛАЗНЫЕ СПУСКИ
И ИХ МЕДИЦИНСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Фирма «Слово»



Москва

2001

УДК 612.766.1+613.6:626.02(022)
ББК 47.2.1.2.4+51.244
С 512

Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н. Водолазные спуски и их медицинское обеспечение. Изд. переработанное и дополненное.
- М.: Фирма «Слово», 2001. — 696 с., 160 ил., 98 табл.

Книга посвящена спускам под воду на глубины до 60 м и в аварийных ситуациях до 80 м в различных видах водолазного снаряжения с использованием для дыхания сжатого воздуха, кислорода и 40 %-ной кислородно-азотной смеси, тренировочных спусков в барокамере под давлением до 100 м вод.ст., медицинскому обеспечению водолазных спусков и водолазов в межспусковой период. В ней приведены сведения по истории развития водолазного снаряжения и водолазной медицины, технические и физиолого-гигиенические характеристики водолазной техники, опасные и вредные факторы водной и гипербарической воздушной сред, излагаются организация и методика водолазных спусков и их медицинского обеспечения, данные по этиологии, патогенезу, клинике, лечению и профилактике специфических и неспецифических заболеваний водолазов. Представлены основы дайвинга (водолазных спусков по международным правилам), положение об условиях оплаты труда водолазов.

Книга предназначена для водолазных врачей и фельдшеров, медицинского персонала лечебно-профилактических учреждений, принимающего участие в отборе, освидетельствовании и лечении заболеваний водолазов, а также для лиц, осуществляющих санитарный надзор за водолазной техникой и водолажными работами. Она может быть полезной для клиницистов различного профиля, врачей-профпатологов, специалистов по гипербарической оксигенации, а также для водолазных специалистов, водолазов и любителей подводного спорта.

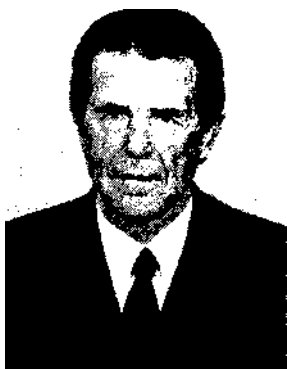
Рецензент:

главный водолазный врач ВМФ, полковник медицинской службы
С.В.Никонов

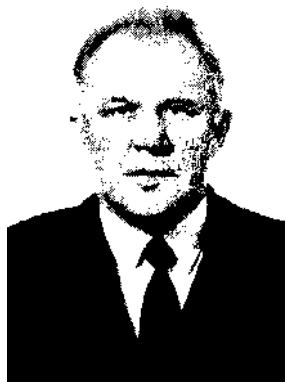
ISBN 5-900228-22-3

© В.В.Смолин, Г.М.Соколов,
Б.Н.Павлов, 2001

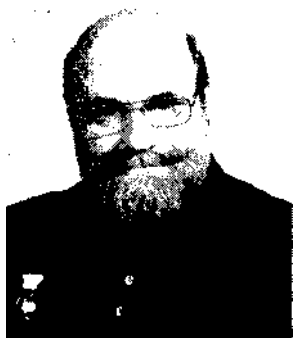
© Фирма «Слово», 2001



Смолин Владимир Васильевич — полковник медицинской службы в отставке, водолазный врач, кандидат медицинских наук, лауреат Государственной премии. Родился в 1919 г. Окончил Военно-морскую медицинскую академию. Руководил разработкой нового метода водолазных спусков — метода длительного пребывания под повышенным давлением (ДП), участвовал в разработке нового метода спасения личного состава из аварийных подводных лодок — метода свободного всплытия и новых образцов водолазной техники. Автор ряда руководящих и нормативных документов по медицинскому обеспечению водолазных спусков, безопасных режимов декомпрессии при спусках методом ДП, экскурсионных спусков из условий ДП, лечебной рекомпрессии и режимов декомпрессии для кессонных работ.



Соколов Геннадий Михайлович — полковник медицинской службы в отставке, водолаз-глубоководник и акванавт. Имеет более 5000 подводных спусковых часов. Родился в 1934 г. Окончил Военно-медицинскую академию. Руководил исследованиями по разработке методов отбора, подготовки и тренировки водолазов-глубоководников, по определению допустимых сроков пребывания человека под давлением до 300 м вод.ст. Участвовал в испытаниях новых образцов водолазной техники. Являлся куратором, участником и руководителем разработки ряда руководящих и нормативных документов по организации водолазных спусков и их медицинскому обеспечению.



Павлов Борис Николаевич — водолазный врач-профпатолог, доктор медицинских наук, водолаз 2-го класса. Имеет более 3000 подводных спусковых часов. Родился в 1947 г. Окончил Хабаровский медицинский институт и водолазную школу. С 1968 г. занимается проблемами гипербарической физиологии. В настоящее время является заведующим отделом барофизиологии и водолазной медицины ГНЦ РФ - ИМБП РАН. Участвовал во многих экспедициях и испытаниях новой техники, осуществляет руководство рядом научных исследований по гипербарической тематике.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Руководство посвящено медико-санитарному обеспечению водолазных спусков на глубины до 60 м.

В настоящее время труд водолазов широко используется в различных отраслях народного хозяйства, в том числе при строительстве гидротехнических и портовых сооружений, прокладке и ремонте подводных трубопроводов, на морских нефтегазопромыслах, при добыче морепродуктов и в других видах производственной деятельности человека. Вместе с тем возрастание интенсивности судоходства, рост кораблекрушений и числа жертв на море и на внутренних водных бассейнах потребовали широкого использования труда водолазов для оказания помощи пострадавшим на воде и под водой. Водолазный труд нередко применяется при проведении научно-исследовательских работ под водой. В последние десятилетия получило широкое распространение подводное плавание, которое позволяет здоровым людям открыть для себя увлекательный подводный мир, испытать свои возможности в новой, но не всегда безопасной среде.

Наиболее часто водолазные спуски проводятся на глубины до 60 м с использованием для дыхания сжатого воздуха. Такие спуски не являются безопасными для здоровья. Работами многих исследователей было доказано, что действие повышенного давления сжатого воздуха и водной среды запускает сложный комплекс процессов взаимодействия организма с окружающей средой, адаптации организма к экстремальным условиям существования. На организм воздействуют механическое давление и его перепады, процессы насыщения газами, рассасывания и образования свободной газовой фазы, а также наркотические и токсические компоненты гипербарической газовой среды или дыхательной газовой смеси. Если сила действующих факторов превышает адаптационные и компенсаторные возможности организма, то это приводит к возникновению профессионально обусловленных заболеваний водолазов.

Отечественные ученые много сделали для разработки способов предотвращения неблагоприятного действия на организм человека вредных и опасных факторов гипербарической газовой и водной сред. Особо следует отметить вклад в решение данной проблемы ЛАОрбели, М.П.Бресткина, А.П.Бресткина, А.Г.Жиронкина, Е.М.Крепса, С.И.Прикладовицкого, Н.В.Лазарева, П.М.Граменицкого, И.А.Сапова, Н.К.Кривошеенко, Г.Л.Зальцмана, И.А.Александрова, В.В.Смолина, В.И.Тюрина, А.П.Мясникова, В.Я.Назаркина.

Однако, несмотря на большое количество проведенных исследований и разработанных регламентных документов, водолазы по-прежнему подвержены специфическим заболеваниям, приводящим порой к печальным исходам. Особенно большое количество заболеваний и несчастных случаев возникает у пловцов-подводников, чему способствуют недостатки специальной подготовки, отбора и периодического освидетельствования спортсменов-подводников и любителей подводного

плавания на фоне широкого распространения подводного спорта. Нередко происшествия с водолазами и пловцами-подводниками связаны со слабым знанием физиологии и патологии водолазных спусков. Недостаточное внимание профилактике заболеваний водолазов, некачественное оказание первой помощи при их возникновении и ошибочная тактика лечения могут иметь самые неблагоприятные последствия.

Руководство содержит систематическое изложение организации и порядка медико-санитарного обеспечения водолазных спусков в различных видах водолазного снаряжения с использованием для дыхания сжатого воздуха, кислорода и 40 %-ной кислородно-азотной смеси. Наиболее полно представлены материалы по этиологии, патогенезу, клинике, лечению и профилактике специфических и неспецифических заболеваний водолазов, а также рекомендации по оказанию водолазам экстренной медицинской помощи. Большое количество иллюстраций, исторических сведений о развитии водолазного снаряжения и водолазной медицины, а также обширный справочный материал делают книгу уникальной, соответствующей энциклопедическому уровню охвата проблемы.

Руководство составлено известными специалистами по гипербарической физиологии и водолазной медицине, имеющими большой личный опыт медико-санитарного обеспечения водолазных работ, испытаний водолазной техники, проведения научных исследований по гипербарической тематике, разработки нормативной документации. В последние годы авторы являются сотрудниками Института медико-биологических проблем, что позволило осуществить ряд приоритетных экспериментальных исследований.

Хочется надеяться, что Руководство послужит полезным пособием для водолазных врачей и фельдшеров, медицинского персонала, принимающего участие в отборе, освидетельствовании и лечении водолазов, а также специалистов, осуществляющих санитарный надзор за водолазной техникой и водолажными работами. Книга представляет интерес для водолазов и любителей подводного спорта.

Академик РАН и РАМНА. И. Григорьев

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

С большим удовольствием представляю новое, переработанное и дополненное, издание книги специалистов ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН В.В.Смолина, Г.М.Соколова и Б.Н.Павлова «Водолазные спуски и их медицинское обеспечение». Переиздание было вызвано несколькими причинами. Первое издание книги этих авторов «Медико-санитарное обеспечение водолазных спусков», вышедшее в свет в 1999 г., оказалась своевременным и полезным не только для врачей и фельдшеров, обеспечивающих водолазные спуски, но также для водолазных специалистов, профессиональных водолазов, водолазов-любителей и дайверов. Тираж книги был быстро востребован. В адрес авторов и издательской Фирмы «Слово» поступили многочисленные заявки на ее приобретение. Кроме того, в 1999-2001 гг. были опубликованы новые постановления Правительства Российской Федерации и Минтруда России, касающиеся порядка учета и расследования профессиональных заболеваний и несчастных случаев. Взамен «Единых правил безопасности труда на водолазных работах» (1992 г.) разработан проект «Межотраслевых правил по охране труда при проведении водолазных работ. Часть I. Правила водолазной службы. Часть II. Медицинское обеспечение водолазов». В последние годы появились новые литературные данные по гипербарической физиологии и водолазной медицине, отечественным и зарубежным образцам водолазной техники.

При переработке книги авторы поставили цель дать дополнительные и уточненные материалы, представляющие интерес для лиц, проводящих водолазные спуски и осуществляющих их обеспечение. С этой целью были учтены требования новых руководящих документов, внесены изменения в таблицы рабочих режимов декомпрессии и лечебной рекомпрессии, направленные на повышение их надежности и эффективности. Представлены сведения по новым образцам водолазной техники. Добавлено новое приложение (автор — С.С.Куриков), в котором изложены основы дайвинга. Приведены новые данные по освидетельствованию водолазного состава, требования по оформлению учетной документации при возникновении заболеваний и несчастных случаев с водолазами, дано постановление Минтруда России об оплате труда водолазов.

В новом издании сохранен общий план изложения материала, принятый в первом издании, но необходимость включения в книгу новых данных потребовала внесения изменений и дополнений практически во все разделы, что, несомненно, повысит ценность книги и интерес к ней читателей. Исправлены отдельные неудачные выражения, уточнены некоторые термины и аббревиатуры.

Полагаю, что новая книга найдет благодарного читателя, станет настольной не только для специалистов водолазного дела и медицинских работников разного профиля, но также для многочисленных любителей подводного плавания.

Академик А.И.Григорьев

ВВЕДЕНИЕ

В новом издании книги сохранены структура, содержание и последовательность изложения материала, принятые в первом издании руководства «Медико-санитарное обеспечение водолазных спусков». Вместе с тем практически во все разделы книги внесены дополнения и изменения на основе полученной новой информации. Во втором издании представлены основы дайвинга, новые образцы водолазной техники, новые формы учета профзаболеваний и несчастных случаев и др.

Книга разработана с учетом требований проекта «Межотраслевых правил по охране труда при проведении водолазных работ. Часть I. Правила водолажной службы. Часть II. Медицинское обеспечение водолазов».

При написании книги учитывались специфические особенности медицинского обеспечения водолазов, работающих на государственных предприятиях и в прочие организациях независимо от их ведомственной подчиненности и принадлежности.

В книге использован богатый опыт медицинского обеспечения водолазных спусков и водолазов в межспусковой период, накопленный в ГНЦ РФ - ИМБП РАН, использованы современные научные достижения в области гипербарической физиологии и водолазной медицины, требования руководящих и нормативных документов по организации и методике водолазных спусков и их медицинскому обеспечению, а также рекомендации справочных и учебных пособий. Среди них:

- Проект «Межотраслевых правил по охране труда при проведении водолазных работ. Часть I. Правила водолажной службы. Часть II. Медицинское обеспечение водолазов»;
- Правила водолажной службы Военно-Морского Флота. ПВС ВМФ-85. Часть I; часть III, раздел 1. - М.: Воениздат, 1987;
- Смолин В.В., Соколов Г.М. Руководство по медицинскому обеспечению подводных работ на морских нефтегазопромыслах: Книга 1. Руководство по медицинскому обеспечению водолазных спусков на глубины до 60 м (для руководителей водолазных спусков). — М.: Минздрав СССР, Миннефтегазпром СССР, 1989; Книга 2. Руководство по медицинскому обеспечению водолазных спусков на глубины до 60 м (для водолазных врачей и фельдшеров). — М.: Минздрав СССР, Миннефтегазпром СССР, 1990;
- Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н., Довгуша В.В., Гуменюк М.Н. Руководство по медицинскому обеспечению водолазных спусков в условиях воздействия ионизирующих излучений при выполнении работ на подводно-технических объектах Минатом России (для водолазных врачей, фельдшеров и руководителей водолажных спусков). — М.: Минздрав России, Минатом России, 1998;
- Медицинская помощь при утоплении и профессиональных заболеваниях водолазов: Руководство для врачей / Под ред. И.А.Сапова, Ю.Н.Шанина. - Л.: Медицина, 1980;
- Физиология подводного плавания и аварийно-спасательного дела: Учебник / Под ред. И.А.Сапова. - Л.: ВМедА, 1986;

- Сапов И.А., Солодков А.С., Назаркин В.Я., Разводовский В.С. Физиология и патология подводных погружений и меры безопасности на воде: Учебное пособие. - М.: ДОСААФ, 1986;
- Мясников А.П. Медицинское обеспечение водолазов, аквалангистов и кессонных рабочих. — Л.: Медицина, 1977;
- Залыцман ГЛ., Кучук Г.А., Гургенидзе А.Г. Основы гипербарической физиологии. - Л.: Медицина, 1979;
- Павлов Б.Н., Смолин В.В., Соколов Г.М. Краткая история развития гипербарической физиологии и водолазной медицины. — М.: Фирма «Слово», 1999;
- Меренов И.В., Смолин В.В. Справочник водолаза. — Л.: Судостроение, 1990;
- Клименко Н.А., Кривошееенко Н.К., Шпакович Ф.А., Бобрицкий Т.И. Учебник водолаза. — М.: Воениздат, 1956;
- Гольдин Э.Р., Козлов В.П., Челышев Ф.П. Подводно-технические, судоподъемные и аварийно-спасательные работы: Справочник. — М.: Транспорт, 1990;
- Слесарев О.М., Рыбников А.В. Водолазное дело: Справочник. — СПб.: Игрек, 1996;
- Огороков А.В. Подводные дыхательные аппараты (Методические рекомендации). - М.: НИИ культуры РСФСР, 1990;
- сборники «ЭПРОН» 1933-1940 гг., сборники АСС ВМФ и «Судоподъем» 1943— 1945 гг., журналы «Октопус», «Подводный клуб» и «Нептун» 1998-2001 гг.;
- материалы по водолазной технике и ее эксплуатации фирмы «ТЕ-ТИС» (Москва) и компании «Акватекс» (Санкт-Петербург);
- материалы Интернета, другие материалы, руководящие документы, справочные и учебные пособия по организации водолазных спусков и их медицинскому обеспечению в нашей стране и за рубежом.

Авторы надеются, что новое издание книги сможет удовлетворить интерес читателей и будет полезным в практической работе специалистов по гипербарической физиологии и водолазной медицине, врачей-клиницистов, проводящих предварительные и периодические медицинские осмотры водолазов. Она поможет водолажным специалистам, водолазам, подводным пловцам и дайверам осуществлять подводные спуски без ущерба для их здоровья.

Авторы выражают искреннюю благодарность академику А.И.Григорьеву и члену-корреспонденту РАМН В.М.Баранову за постоянную помощь и внимание к работе, В.В.Круговых и Т.А.Перфильевой за редактирование книги, А.Т.Беляеву и В.С.Онищенко за подготовку оригинал-макета, Л.П.Васильевой за корректуру, В.С.Никонову за рецензирование книги, С.С.Курикову за интересный материал по дайвингу, М.Д.Демчишину за ценные замечания, В.П.Рою за оформление некоторых рисунков и обложки.

Замечания и предложения по улучшению содержания книги и дополнению ее новыми материалами просьба высылать по адресу: 123007, Москва, Хорошевское шоссе, 76а, ГНЦ РФ - ИМБП РАН.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ.....	4
ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА О ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКАХ, ВОДОЛАЗНОМ СНАРЯЖЕНИИ И МЕДИЦИНСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ.....	15
1.1. История водолазных спусков, создания и развития водолазного снаряжения.....	15
1.1.1. История водолазных спусков и создания вентилируемого водолазного снаряжения.....	15
1.1.2. История создания водолазного снаряжения с замкнутой и полужамкнутой схемами дыхания.....	37
1.1.3. История создания водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания.....	45
1.2. Историческая справка о медицинском обеспечении водолазных спусков и развитии гипербарической физиологии.....	53
2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНОЙ И ГАЗОВОЙ СРЕД.....	72
2.1. Физико-химические и физиолого-гигиенические характеристики водной среды.....	72
2.1.1. Общие сведения.....	72
2.1.2. Состав воды и плотность.....	74
2.1.3. Гипогравитация и динамическое воздействие водной среды.....	76
2.1.4. Механическое давление.....	79
2.1.5. Теплофизические свойства и их влияние на тепловое состояние организма.....	82
2.1.6. Освещенность и видимость.....	84
2.1.7. Влияние водной среды на функции зрительного анализатора.....	85
2.1.8. Влияние водной среды на функции слухового анализатора.....	87
2.1.9. Влияние водной среды на функции проприоцептивного и кожного анализаторов.....	89
2.2. Физико-химические и физиолого-гигиенические характеристики газов и дыхательных газовых смесей применяемых для водолазных спусков на глубины до 60 м.....	90
2.2.1. Физико-химические и физиолого-гигиенические характеристики воздуха.....	90
2.2.2. Краткая физиолого-гигиеническая характеристика 40 %-ной кислородно-азотной смеси.....	113
2.2.3. Данные по применению кислорода при водолазных спусках.....	114

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОЛАЗНОГО СНАРЯЖЕНИЯ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ	115
3.1. Общие сведения	115
3.2. Технические характеристики вентилируемого водолазного снаряжения	118
3.3. Физиолого-гигиенические характеристики вентилируемого водолазного снаряжения	130
3.4. Технические характеристики водолазного снаряжения с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания	133
3.5. Физиолого-гигиенические характеристики водолазного снаряжения с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания	142
3.6. Технические характеристики водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания	146
3.7. Физиолого-гигиенические характеристики водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания	171
3.8. Технические и физиолого-гигиенические характеристики комплекта № 1	175
3.9. Установки для контроля и регулировки дыхательных аппаратов	178
3.10. Технические характеристики водолазных барокамер	179
3.11. Физиолого-гигиенические характеристики водолазных барокамер	184
3.12. Технические и физиолого-гигиенические характеристики компрессоров и средств очистки сжатого воздуха	187
3.13. Технические характеристики газовых баллонов	201
3.14. Технические характеристики передвижных водолазных станций	203
4. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ НА ГЛУБИНЫ ДО 60 м И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ И РАБОТ	210
4.1. Организация водолазных спусков на глубины до 60 м	210
4.2. Основные меры безопасности при проведении водолазных спусков и работ	221
5. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ И ВОДОЛАЗОВ В МЕЖСПУСКОВОЙ ПЕРИОД	229
5.1. Цель и задачи медицинского обеспечения	229
5.2. Структура и организация медицинского обеспечения	229
6. МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ	240
6.1. Медицинское обеспечение водолазных спусков с использованием для дыхания сжатого воздуха	240

6.1.1. Медицинское обеспечение на этапе предварительной подготовки к водолазным спускам.....	240
6.1.2. Медицинское обеспечение на этапе окончательной подготовки к водолазным спускам.....	242
6.1.3. Медицинское обеспечение при погружении водолаза под воду	249
6.1.4. Медицинское обеспечение при пребывании под водой водолаза в вентилируемом снаряжении.....	250
6.1.5. Медицинское обеспечение при пребывании под водой водолаза в снаряжении с открытой схемой дыхания.....	253
6.1.6. Медицинское обеспечение в период подъема водолаза и декомпрессии.....	255
6.1.7. Медицинское обеспечение в последекомпрессионный период.....	257
6.2. Медицинское обеспечение водолазных спусков с использованием для дыхания 40 %-ной кислородно-азотной смеси.....	260
6.2.1. Медицинское обеспечение на этапе предварительной подготовки к водолазным спускам.....	260
6.2.2. Медицинское обеспечение на этапе окончательной подготовки к водолазным спускам.....	261
6.2.3. Медицинское обеспечение при погружении водолаза под воду	263
6.2.4. Медицинское обеспечение при пребывании водолаза под водой...	263
6.2.5. Медицинское обеспечение в период подъема водолаза и декомпрессии.....	263
6.2.6. Медицинское обеспечение в последекомпрессионный период.....	263
6.3. Медицинское обеспечение водолазных спусков с использованием для дыхания кислорода.....	264
6.3.1. Медицинское обеспечение на этапе предварительной подготовки к водолазным спускам.....	264
6.3.2. Медицинское обеспечение на этапе окончательной подготовки к водолазным спускам.....	264
6.3.3. Медицинское обеспечение при погружении водолаза под воду	265
6.3.4. Медицинское обеспечение при пребывании водолаза под водой...	266
6.3.5. Медицинское обеспечение при подъеме водолаза.....	266
6.3.6. Медицинское обеспечение в послеспускосвой период.....	267
6.4. Медицинский контроль соблюдения режимов труда, отдыха и питания водолазов в период проведения водолазных спусков.....	267
7. МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДОЛАЗОВ В МЕЖСПУСКОВОЙ ПЕРИОД.....	272
7.1. Профессиональный и медицинский отбор кандидатов в водолазы, периодические медицинские освидетельствования специалистов водолазной службы.....	272
7.2. Оказание медицинской помощи при обращении водолазов.....	281
7.3. Контроль соблюдения режимов труда, отдыха и питания водолазов в межспусковой период.....	283

7.4. Организация и методика проведения тренировочных спусков в барокамере.....	285
7.5. Контроль проведения физической подготовки водолазов.....	291
7.6. Ежеквартальная медицинская подготовка водолазов.....	292
7.7. Медицинский контроль санитарно-гигиенического состояния водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков.....	292

8. ЗАБОЛЕВАНИЯ И ТРАВМЫ ВОДОЛАЗОВ И ОКАЗАНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИИ ..

8.1. Общие положения.....	297
8.2. Декомпрессионная болезнь.....	300
8.3. Баротравма легких.....	330
8.4. Барогипертензионный синдром.....	345
8.5. Обжatie грудной клетки.....	350
8.6. Обжим водолаза.....	354
8.7. Баротравма уха и придаточных пазух носа.....	358
8.8. Травма подводной взрывной волной.....	365
8.9. Азотный наркоз.....	371
8.10. Отравление кислородом.....	377
8.11. Кислородное голодание.....	392
8.12. Отравление углекислым газом.....	406
8.13. Отравление выхлопными газами.....	420
8.14. Отравление нефтепродуктами.....	427
8.15. Химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами.....	431
8.16. Переохлаждение организма.....	435
8.17. Перегревание организма.....	443
8.19. Травмы и отравления, вызываемые опасными и ядовитыми морскими животными.....	459

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ..

ПРИЛОЖЕНИЯ:

1. Основы дайвинга.....	485
2. Типовые расчеты, применяемые при медицинском обеспечении водолазных спусков.....	496
3. Выписки из приказа Минздравмедпрома России от 14 марта 1996 г. № 90 «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии».....	526
4. Зачетный лист водолазного врача (фельдшера).....	528
5. Положение о водолазном враче (фельдшере).....	529
6. Журнал медицинских опросов и осмотров водолазов.....	535
7. Журнал анализов воздуха, дыхательных газовых смесей, поглотительных и регенеративных веществ.....	538
8. Журнал протоколов водолазных спусков.....	542

9. Водолазная аптечка и инструкция по ее использованию.....	546
10. Набор водолазного врача.....	549
11. Учетная документации по заболеваниям водолазов и несчастным случаям.....	554
12. Методика анализов воздуха, газов и дыхательных газовых смесей на содержание кислорода и углекислого газа.....	575
13. Методика проведения анализа воздуха на вредные вещества	583
14. Методика анализа поглотительных и регенеративных веществ.....	590
15. Суточный план проведения водолазных спусков.....	595
16. Сроки освобождения от спусков под воду после перенесенных заболеваний.....	596
17. Порядок допуска к спускам под воду и в барокамере в зависимости от достигнутых глубин и перерывов между спусками.....	606
18. Оказание неотложной помощи пострадавшему водолазу.....	608
19. Методика приготовления 40 %-ной кислородно-азотной смеси.....	624
20. Материалы по питанию водолазов.....	626
21. Анатомические, физиологические и клинико-биохимические показатели здорового человека.....	630
22. Таблицы режимов декомпрессии водолазов и инструкция по их применению.....	642
23. Положение об условиях оплаты труда водолазов и других работников организаций, финансируемых из бюджетных источников, за подводные работы.....	659

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АД — артериальное давление
ВВ - вредное вещество
ВКК - водолазная квалификационная комиссия
ВКЭК — водолазная клиничко-экспертная комиссия (прежнее название — ВМК, водолазно-медицинская комиссия)
ГБО — гипербарическая оксигенация
ДГС — дыхательная газовая смесь
ЖЕЛ — жизненная емкость легких
ИВЛ — искусственная вентиляция легких
ИТ — индикаторная трубка
КАГС — кислородно-азотно-гелиевая смесь
КАГСр — кислородно-азотно-гелиевая среда
КАС — кислородно-азотная смесь
КАСр — кислородно-азотная среда
КГС — кислородно-гелиевая смесь
КИО₂ — коэффициент использования кислорода
МОД — минутный объем дыхания
МОК — минутный объем крови
МСЭ — медико-социальная экспертиза
НКУК — проба с непрерывным кумулятивным воздействием ускорения Кориолиса
О-3 — гранулированное регенеративное вещество
ОЕЛ — общая емкость легких (ЖЕЛ + остаточный воздух)
ПДК — предельно допустимая концентрация (вредного вещества)
ПК — потребление кислорода
СОЭ — скорость оседания эритроцитов
ХП-И — химический поглотитель известковый
ЦВКК — Центральная водолазная квалификационная комиссия
ЦВКЭК — Центральная водолазная клиничко-экспертная комиссия (прежнее название — ЦВМК, Центральная водолазно-медицинская комиссия)
ЦНС — центральная нервная система
ЧСС — частота сердечных сокращений
ЭА — экспресс-анализатор
ЭКГ — электрокардиограмма
ЭЭГ — электроэнцефалограмма
НЬ — гемоглобин
НЬСО - карбоксигемоглобин
MtHb — метгемоглобин
рН - отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода
Σ СН - углеводороды суммарно

1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА О ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКАХ, ВОДОЛАЗНОМ СНАРЯЖЕНИИ И МЕДИЦИНСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ

1.1. История водолазных спусков, создания и развития водолазного снаряжения

1.1.1. История водолазных спусков и создания вентилируемого водолазного снаряжения

Освоение человеком подводного мира началось с глубокой древности.

Первыми водолазами можно считать первобытных людей «ихтиофагов», основным продуктом питания которых были рыбы и морепродукты. Ихтиофаги жили на берегах Персидского залива, Красного моря и на западном побережье Африки. Римский писатель и ученый Плиний Старший в 77 г. н.э. сообщал, что ихтиофаги плавали с такой же стремительностью и ловкостью, как рыбы. Для ловли рыбы они должны были в совершенстве владеть искусством ныряния и плавания под водой.

Из истории известно, что водолазы-ныряльщики добывали содна моря раковины еще в 4500—3200 гг. до н.э. Об этом свидетельствует большое количество перламутра в украшениях, найденных при раскопках в Месопотамии (4500 г. до н.э.) и в Фивах (3200 г. до н.э.). При раскопках могил 1-й династии фараонов в Абидосе (Египет, 4000 г. до н.э.) обнаружены печати фараонов с изображением рыб, пловцов, ныряльщиков, лодок и др. Древние греки пользовались дарами моря, среди которых были такие, которые могли добыть только опытные ныряльщики: раковины, губки, кораллы, жемчуг и т.д. Пурпур из раковин применялся для окраски дорогих одежд и мантий. Губки, пропитанные пресной водой, заменяли фляги римским солдатам. Средиземноморские красные кораллы, которым приписывались магические свойства, вывозились даже в Китай. Первое изображение водолаза, обнаруженное на месопотамских надгробиях, относится к 4000 г. до н.э. В древнемесопотамском эпосе сообщается, что правитель шумерского г. Урук Гильгамеш (начало III тысячелетия до н.э.) нырял на дно моря в поисках водоросли, которая могла бы даровать ему бессмертие. Некоторые источники указывают, что еще 3000 лет тому назад имелись боевые пловцы, которые при благоприятных обстоятельствах в одиночку вели борьбу с надводными силами. В случае необходимости пловец, очевидно, нырял глубже и передвигался под водой тем же способом, что и на поверхности. Легендарный древнегреческий поэт Гомер в эпической поэме «Илиада», созданной около 3000 лет назад, упоминает о ловце устриц, ныряющем вниз головой со своей лодки. В этой же поэме Патрокл, увидев, что смертельно раненный им Кебрион (возница Гектора) падает с колесницы, восклицает: «Как человек сей легок! Удивительно быстро ныряет!... Есть, как я вижу теперь, и меж храбрых троян водолазы!». Сравнения с водолазом от Гомера удостоились также убитый троянец Эпиклей, а в поэме «Одиссея» — погибший во время шторма кормщик.

Ныряние широко применялось греками для добычи пригодных в пищу морских животных и растений, для решения военных задач, а также с целью изучения биологии моря.

По свидетельству «отца истории» Геродота, во время первой в истории морской войны 481—480 гг. до н.э. греческие ныряльщики Скиллиас и его дочь Гидна из г. Скионы перерезали якорные канаты кораблей персидского царя Ксеркса, после чего корабли были штормом выброшены на берег (рис. 1). Это способствовало победе греков в греко-персидской войне. Идея Скиллиаса о перерезании швартовых и якорных канатов вражеских судов была впоследствии использована при осаде Александром Македонским Тира (334 г. до н.э.), а также при осаде Византии (196 г. н.э.), Ле Анделюса (1203 г.) и Майнца (1793 г.). Греческий историк Фукидид и римский историк Тацит сообщили о том, что в 414 г. до н.э. греческие ныряльщики подпилили заградительные столбы при осаде г. Сиракузы на острове Сицилия. Знаменитый древнегреческий философ и первый ученый-натуралист Аристотель (384-322 гг. до н.э.) исключительно точно описал анатомию, физиологию и образ жизни около 180 видов животных Эгейского моря, что позволяет предположить наличие у Аристотеля хороших навыков ныряльщика. Во французской рукописи XIII в. появилось сообщение о том, что ученик Аристотеля греческий полководец Александр Македонский примерно в 330 г. до н.э. спускался на дно моря в стеклянном колоколе «Colimpha», покрытом ослиными шкурами, для наблюдения за обитателями глубин (рис. 2). У греческого ученого и поэта Каллимаха (III в. до н.э.) есть сведения о подводном медном руднике на Демонезе близ Калхедонии, в котором добывалась высококачественная медь. Римский историк Тит Ливий сообщает, что последний македонский царь Персей во время войны с Римом

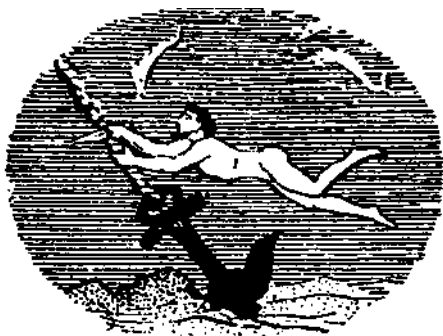


Рис. 1. Скиллиас перерезает якорный канат.



Рис.2. Александр Македонский в стеклянном колоколе (иллюстрация из французского романа)



Рис. 3. Погружение с воздушным мешком (со старинной гравюры)

(171—168 гг. до н.э.), испугавшись наступления неприятельского войска, потопил в море сокровища города Пеллы. По миновании опасности Персей приказал тайно достать при помощи рабов-водолазов затопленные богатства, а затем перебить этих водолазов, чтобы слух о его малодушии не распространился в народе.

Следует отметить, что из-за отсутствия подачи воздуха на дыхание древние водолазы-ныряльщики по физиологическим причинам не могли погружаться на глубины более 30 м и оставаться под водой более 2-3 мин. Естественно, водолазы-ныряльщики не могли выполнять все возрастающие и усложняющиеся задачи, что вызвало необходимость совершенствования методов водолазных

погружений. Каково бы ни было значение деятельности водолазов-ныряльщиков прошлого, мастера подводного промысла оставили о себе в истории добрую память. Они были зачинателями покорения морских глубин и первыми водолазами.

Для ускорения погружения ныряльщики стали брать с собой под воду груз, а для увеличения продолжительности пребывания под водой — надутый воздухом пузырь, от которого шла трубка ко рту (рис. 3). На ассирийском барельефе (рис. 4), высеченном в 885 г. до н.э., изображены воины, плывущие на надутых воздухом бурдюках, однако остается неизвестным предназначение бурдюков (для дыхания или для удержания на воде). Описание кожаного бурдюка с дыхательной трубкой приве-



Рис. 4. Древнеассирийские воины преодолевают водную преграду с использованием бурдюков (с древнего барельефа)

дено в 77 г. до н.э. римским писателем и ученым Плинием Старшим.

В 1191 г. турецкие водолазы выполняли обязанности почтальонов, обеспечивая связь с внешним миром крепости Акра, осажденной Ричардом Львиное Сердце. В XII веке арабский писатель Богаддин сообщил, что ныряльщик-араб, пользуясь «мехами», скрытно проник в блокированный противником г. Птолемаис. Во время сражения при Лез-Андели в 1203 г. водолазы, как повествует летопись, спускались под воду с сосудами, наполненными горючей или взрывчатой смесью. При осаде турками о. Мальта в 1565 г. возникали кровавые схватки под водой между водолазами воюющих сторон.

В 1405 г. немецкий писатель Кьезер описал костюм ныряльщика, состоящий из кожаной куртки, металлического шлема с двумя стеклянными иллюминаторами и кожаной трубки, соединяющейся с воздушным мешком, а в 1430 г. появился анонимная рукопись на немецком языке с рисунком, сходным с этим описанием (рис. 5). Однако и этот способ не мог надолго увеличить время пребывания под водой, поскольку объем воздуха, находящегося в пузыре, был мал и при дыхании в нем быстро нарастало содержание углекислого газа и снижалось содержание кислорода.

Кроме пузырей для обеспечения запаса воздуха ныряльщики использовали воздушную подушку внутри надеваемого на голову прочного сосуда из металла или глины. С таким устройством ныряльщик находился под водой до тех пор, пока воздух в сосуде был пригодным для дыхания. Воздушная подушка опрокинутого сосуда для дыхания человека под водой использовалась с древности. В 360 г. до н.э. Аристотель в своем труде «Проблемы» описал наполненный воздухом опрокинутый сосуд, в котором помещался водолаз. В 1240 г. англичанин Роберт Бэкон упомянул об «аппаратах, посредством которых человек может безопасно для своей жизни продвигаться по дну моря или реки».

В 1535 г. Гульельмо де Лорена создал цилиндрическую камеру высотой около 1 м и диаметром 60 см со стеклянными оконцами (рис. 6). Камера подвешивалась на канатах и помещалась на плечах водолаза, закрывая лишь его голову и грудную клетку. В таком устройстве под водой на озере Неми южнее Рима Лорена безуспешно пытался отыскать затонувшие в 39 г. до н.э. на глубине 22 м увеселительные галеры императора Калигулы. В 1551 г. Николо Фонтана изобрел водолазный костюм, в котором водолаз должен был стоять, засунув голову в большой стеклянный шар. Однако этот способ также не позволял надолго увеличить время пребывания водолаза под водой, так как ему были присущи недостатки, свойственные способу использования надутого воздуха пузыря.



Рис. 5. Рисунок из рукописи неизвестного автора

Другим известным с давних времен способом погружения под воду, принципиально отличным от других, является применение трубок. Как правило, для этой цели использовался стебель тростника, один конец которого водолаз брал в рот, а другой оставлял над водой. В этом случае водолаз дышал атмосферным воздухом в условиях повышенного гидростатического давления, а в легких сохранялось атмосферное давление, что приводило к сдавлению грудной клетки и уменьшению легочных объемов. Поскольку сила дыхательных мышц человека может преодолеть сопротивление, эквивалентное давлению 100–110 мм рт.ст. (давлению столба воды высотой 1,4–1,5 м), человек может дышать под водой при использовании данного метода спусков на глубинах не более 1,5 м, а время пребывания в водной среде ограничивается усталостью дыхательных мышц. Кроме того, при затруднении дыхания вследствие наличия большого мертвого пространства происходит быстрое накопление углекислого газа. В связи с этим способ погружения под воду с трубкой не мог широко применяться при добыче морепродуктов, подъеме затонувших грузов и выполнении других работ на глубинах в несколько метров и более. Тем не менее римляне неоднократно совершали скрытные передвижения под водой на небольших глубинах с помощью тростниковых трубок. За 350 лет до н.э. древнегреческий философ и ученый Аристотель предлагал использовать кожаный шлем с полый трубкой, выходящей на поверхность, для продолжительного пребывания под водой. Плиний Старший в 77 г. до н.э. сообщал о боевых водолазах, которые дышали через трубку, зажатую в зубах, другой конец которой был выведен на поверхность. В переиздании 1511 г. римского трактата Флавиуса-Вегетиуса Ренатуса «О правилах военных», написанного в 375 г. н.э., упоминается водолазный костюм и приводится его изображение: на голову водолаза надет кожаный мешок с прорезями для глаз, от верхней части мешка отходит трубка, верхний конец которой удерживается на поверхности пузырем, надутым воздухом (рис. 7).



Рис. 6. Камера Гульельмо де Лорена

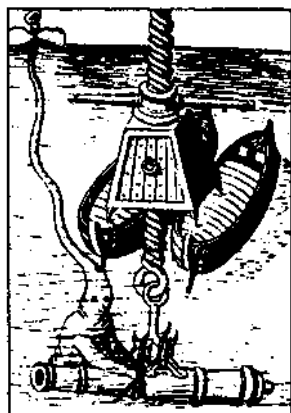


Рис. 7. Водолазный костюм с трубкой, идущей на поверхность

Спадением Римской империи и разрушением древних культур на время прекратилось и развитие водолазного дела, что характерно также для всего периода средневековья, хотя в южных и восточных странах продолжался традиционный промысел морепродуктов. Гениальный итальянский художник, скульптор, архитектор, ученый и инженер Леонардо да Винчи, опасаясь быть обвиненным инквизицией в колдовстве, а также возможности нанесения неприятелем ущерба своей стране, зашифровал результаты своих опытов по водолазному делу и пояснения к серии рисунков, сделанных около 1500 г., на которых изображены проекты различных видов водолазного снаряжения (рис. 8). В течение

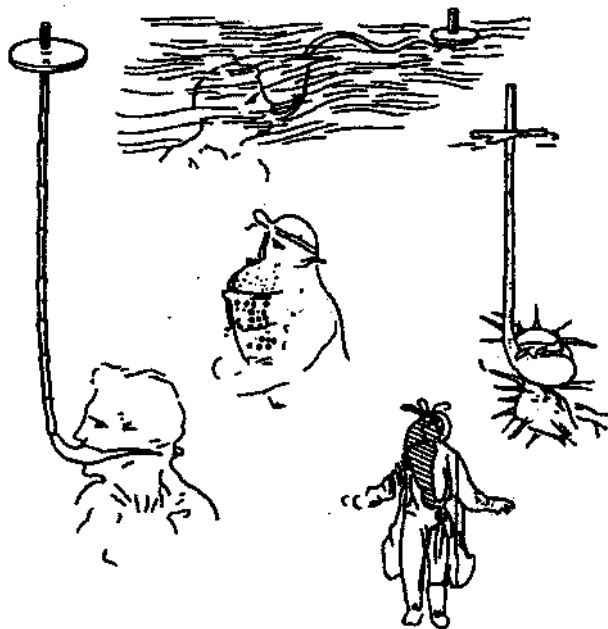


Рис. 8. Рисунки водолазных приборов из рукописей Леонардо да Винчи

ние веков эти рисунки были спрятаны от обозрения. Водолазный костюм в законченном виде, предложенный Леонардо да Винчи, представляет собой цельное с ног до головы одеяние из меха или кожи с воздухом внутри, сапоги с каблуками или железными крюками, мешки с песком для тяжести, мочеприемник и медная панцирная куртка.

В трактате Валло о фортификации, изданном в 1524 г., имеется напоминающее рисунки Лонардо да Винчи изображение водолаза в кожаном шлеме с кожаной трубкой, скрепленной прочными кольцами и заканчивающейся дисковым поплавком.

В 1613 г. инженер Диего Уфано дал описание шлема, который должен был помочь водолазу «лучше чувствовать себя под водой и потому лучше работать».

Традиции профессиональных водолазов-ныряльщиков в наши дни поддерживают жители Полинезии, а также японские ныряльщицы «ама», спускающиеся под воду до 120 раз в день.

Расширение торговых связей между государствами к началу XVI века потребовало развития мореплавания, что, в свою очередь, вызвало необходимость осмотра и ремонта подводной части кораблей и судов, подъема затонувших предметов, грузов и ценностей. Импульсом к развитию водолазного дела послужила также гибель в 1587 г. испанского флота Филиппа II у берегов Шотландии. Первые безуспешные поиски груза легендарного казначейского галеона армады «Дуке де Флоренсия» в бухте Тобермори начались в 1641 г. по личному указанию английского короля Чарльза I. Попытки поднять затонувший груз показали несовершенство водолазной техники.

В XVI—XVII веках в различных странах разрабатываются и совершенствуются конструкции водолазных колоколов. Боевые корабли и торговые суда средиземноморских государств ввели в состав экипажей мастеров-ныряльщиков, которые выполняли подводные работы вплоть до середины XIX века.

Идея использования ныряльщиками для дыхания под водой воздуха, содержащегося в опрокинутых вверх дном прочных сосудах, которые надевались на голову, была более успешно реализована в водолазном колоколе, изобретенном в XVI веке. Водолазный колокол открыл новую страницу в истории водолазного дела. Применение колокола значительно увеличило время пребывания водолаза под водой по сравнению с нырянием и к тому же увеличивало возможную глубину погружения сравнительно с применением для дыхания водолаза тростниковой трубки.

Первое сообщение о применении водолазного колокола относится к 1538 г. На реке Тахо (г. Толедо, Испания) 2 греческих акробата давали представление перед Карлом V, входя внутрь колокола собственной конструкции, выполненного в виде горшка. Свечи, зажженные перед погружением колокола, к изумлению зрителей, продолжали гореть и после его подъема. В 1595 г. Веранцио опубликовал сведения о водолазном колоколе и дал его изображение.

Английский государственный деятель и философ Френсис Бэкон (1561—1626) предложил такой способ: когда ныряльщик уже не может больше задерживать дыхание, он засовывает голову в заранее опущенный в воду сосуд с воздухом, чтобы наполнить легкие, после чего выходит из колокола и продолжает работу.

В 1597 г. появился колокол Бонаюто Лорини, близкий по конструкции камере Лорены, но оборудованный платформой для водолаза и предназначенный для фортификационных работ. В 1609 г. Б.Лорини опубликовал в Венеции книгу «Фортификация», в которой указал на пользу аппаратов, предложенных для продолжительного пребывания человека под водой в тех случаях, когда возникает надобность поднять со дна моря артиллерийские орудия или произвести работу на затонувших кораблях.

В 1616 г. художник Франц Кесслер из Вецлара сообщил данные о своем изобретении «водной брони» — деревянного водолазного колокола (рис.9). Человек, находясь внутри прикрепленного к нему колокола, передвигается по дну, катя колокол на специальных шарах-ядрах.

В 1625 г. испанец Франциско Меливан при поиске и подъеме затонувших судов использовал водолазный колокол, изготовленный в Гаване. Колокол медленно тянули над грунтом, а находящийся в нем наблюдатель производил поиск. С затонувшего судна «Святая Маргарита» было поднято 350 серебряных слитков, много монет, бронзовые пушки и медные изделия.

Особенно успешную работу с использованием водолазного колокола проделал английский капитан судна и водолаз Уильям Фипс, который вместе с ныряльщиками-индейцами в 1686-1687 гг. поднял с затонувшего у Багамских островов испанского галеона «Нуэстра сеньора де ла Кансепсьон» золото, серебро и другие сокровища стоимостью 300 тыс. фунтов стерлингов. Применялся примитивный водолазный колокол, покрытый слоем свинца, с окошком в верхней части и сиденьями для водолазов внутри. Фипс был удостоен рыцарского звания, назначен губернатором Массачусетса и получил часть добытых им ценностей на сумму более 11 тыс. фунтов стерлингов.

Первые водолазные колокола представляли собой деревянные или металлические сосуды, опрокинутые вверх дном. Под таким сосудом помещался спускающийся водолаз. По мере погружения под воду уровень воды в колоколе поднимался, воздушная подушка уменьшалась, а давление в ней повышалось. Пребывание водолаза в таком колоколе не превышало 30—40 мин, поскольку в воздушной подушке скапливался углекислый газ и снижалось процентное содержание кислорода. К тому же тело водолаза не было защищено от воздействия низкой температуры воды, что также способствовало уменьшению времени пребывания под водой. Остро стоящую проблему замены израсходованного в водолазном колоколе воздуха свежим различные исследователи и конструкторы пытались решить по-разному. В 1672—1676 гг. немецкий физик И.Х.Штурм построил и испытал водолазный колокол высотой 4 м, воздух в который добавлялся из бутылок, разбиваемых по мере необходимости под водой. В работе итальянского математика и физика Джованни Альфонсо Борелли, опубликованной в 1680 г. уже после его смерти, была выдвинута идея удалять из-под колокола использованный воздух, подавая вместо него по шлангам свежий. В 1689 г. французский физик Дени Папен впервые дал точное научное описание колокола, в котором замена газовой среды и поддержание постоянного

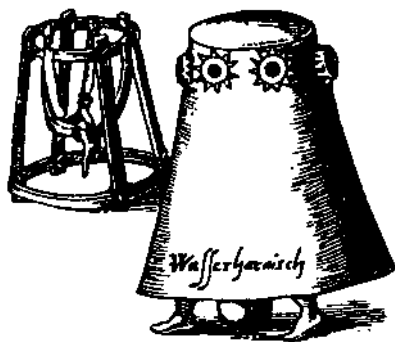


Рис. 9. Аппарат Кесслера

внутреннего давления может обеспечиваться непрерывной подачей воздуха с поверхности с помощью насоса. В колоколе было предусмотрено использование его главных изобретений — вентиля и невозвратного клапана.

В 1691 г. английский астроном и геофизик Эдмунд Галлей, именем которого названа знаменитая комета, запатентовал изобретенный им водолазный колокол, в 1716г. сделал о нем доклад на заседании Королевского научного общества, а в 1717 г. построил колокол (рис. 10), который имел форму усеченного конуса с толстым стеклом в верхней части для естественного освещения. Он был обшит свинцовыми листами и снабжен тремя металлическими болванками на платформе, нахо-

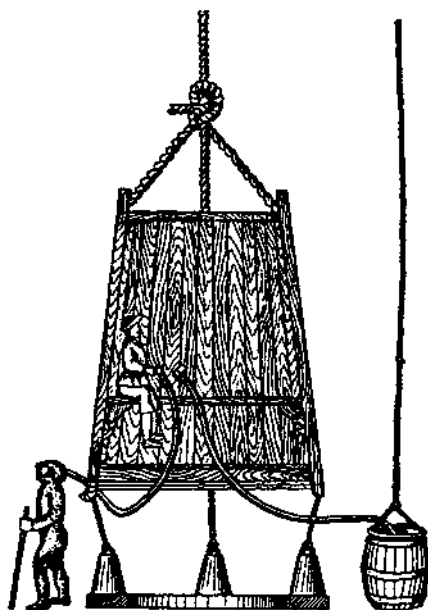


Рис. 10. Водолазный колокол Э.Галлея

дившейся примерно на 1 м ниже входного отверстия. По-видимому, опасаясь обвинения в плагиате колокола Д.Папена, Э.Галлей не воспользовался идеей нагнетания воздуха в колокол, а обновлял воздух в колоколе с помощью бочонков, посылаемых с поверхности. Вместе с четырьмя водолазами Э.Галлей спускался в колоколе и провел полтора часа на глубинах 16—18 м. К счастью для ученого и водолазов, опыт закончился удачно, но если бы они задержались на этих глубинах дольше, то у них могло развиться декомпрессионное заболевание. Следует также отметить, что из-за большой массы колокола его подъем на поверхность происходил достаточно долго, т.е. происходила декомпрессия. Если бы в ходе этого опыта произошел несчастный случай, развитие техники водолазных погружений могло быть надолго задержано.

В поисках средств подачи воздуха в колокол мастера водолазного дела заинтересовались кузнечным мехом, который в то время применялся в металлургии. Применение ручных мехов значительно облегчило условия работы водолазов, повысило производительность их труда, поскольку отпала необходимость подъема колокола вверх для замены испорченного воздуха. Воздух подавался в колокол по длинным кожаным рукавам, а его избыток вытеснялся через нижний край колокола. Однако воздушные мехи не позволяли подавать воздух на глубины более 8-10 м.

В 1772 г. знаменитый французский физик Кулон сделал в Академии наук доклад, в котором описал «воздушный корабль», который представлял собой усовершенствованный водолазный колокол. Принцип колокола заключался в том, что открытая снизу центральная камера имела

соединенные с ней два поплавка, которые служили балластными цистернами (могли заполняться водой и продуваться для перемещений по вертикали. В верхней части рабочего помещения колокола размещались толстая стеклянная плита для освещения естественным светом, мехи для снабжения колокола воздухом и два люка (для входа рабочего и вывода наружу отработанного воздуха). «Воздушный корабль» не был построен.

Необходимость освоения больших глубин заставила искать новые способы нагнетания воздуха. Специалист по отделочным работам Джон Смитон в 1788 г. придал кубическую форму колоколу, который размещался на малой глубине и был снабжен сверху насосом Папена для повышения давления в колоколе и его вентиляции (рис. 11). В 1789 г. прошли испытания «подводной клетки» Смитона.

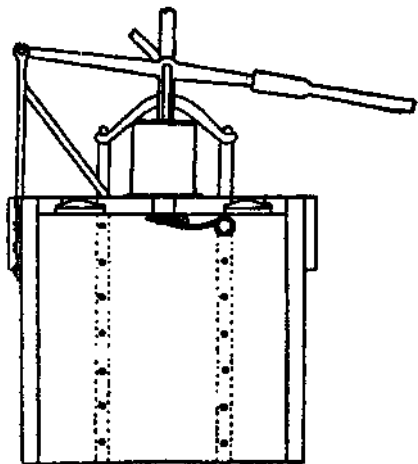


Рис. 11. Водолазный колокол
Дж. Смитона

Насос (помпа) мог подавать воздух в количестве и под давлением, несравненно большим, чем кузнечные мехи. В связи с этим стали создавать металлические водолазные колокола. В них несколько водолазов одновременно могли погрузиться на глубины до 30 м. В 1812 г. Рени построил водолазный колокол, наиболее близкий к современному. Колокол перемещался на небольшое расстояние по рельсам на тележке, что позволило расширить площадь подводных работ. В дальнейшем водолазный колокол был оснащен оборудованием для подачи электроэнергии и телефонной связью. От него пошли 2 ветви развития гипербарической техники: кессоны и водолазные колокола для выполнения глубоководных водолазных работ и работ из условий длительного пребывания под повышенным давлением.

В нашей стране история погружений под воду ведет отсчет со времен Московской Руси. В псковском архиве сохранилось свидетельство о том, что в IV веке жители Пскова спасались от налогов, погружаясь в воду рек и озер с прожженными раскаленной проволокой тростниковыми трубками во рту. Имеются также упоминания о применении запорожскими казаками в XVI веке тростника и перевернутых челнов для переходов под водой и нанесения противникам внезапных ударов.

Документы XVII века свидетельствуют о том, что водолазный труд на Руси уже стал профессией и использовался на государственных и монастырских учугах (подводных свайных заграждениях, куда загонялись рыбы), особенно в дельте Волги и устье Урала, а также для постановки на реках запруд и плотин. В записи старца Иринарха из Спасо-Прилуцкого монастыря на изгибе реки Вологды в январе 1606 г.

отмечено: «Дал старцу Якиму Лузоре за водолазное и на горшки девять алтын» (горшки служили для сбора «зеньчуга» - жемчуга). Первое упоминание об учужных водолазах содержится в договорах о найме работников на учуги Бирюль, Иванчуг и Босага, включенных в «поручные записи» от 1615 г., где говорится о работных людях — «атаманах» с функциями водолазов и водолазных старшин, «баграчах», которые должны были «в воду лазити», «батраках», обязанных мастерски выполнять водолазные работы, и собственно «водолазах». В акте от 1663 г. сказано, как водолаз Кудай Бередейк, нанявшийся на архиепископский учуг, отстоял свое право на использование «дымного табаку», поскольку «вина де у них нет», а «водолазам заповеди в том табаке не было», хотя курение и «метание в рот» табаку было запрещено в допетровской Руси. Патриарх Иоаким в письме царю Алексею Михайловичу, написанном в 1675 г., жалуется на «мотчанье» (задержки) и разруху при производстве водолазных работ: «А учужному де их промыслу без вина быти невозможно некоторыми делы, потому что водолазы для окрепья учужных забоев и водяной подмойки и дыр без вина в воду не лезят и от того де астраханскому их учужному промыслу чинитца мотчанье и поруха великая и многое нестроение». Из указа царя Алексея Михайловича от 12 марта 1675 г. по этому поводу следует, что водолазные работы в то время имели крупное промышленное значение. Потребности в водолазах были столь велики, что их отсутствие или отказ от работы создавали серьезные угрозы разрушения всего рыбного промысла. Поэтому власти прибегали к мерам поощрения и возбуждения водолазов, используя табак, вино, опийную маковую соломку. Указом царя для астраханского учужного промысла было предписано привозить по 30 ведер вина ежегодно. В многочисленных перечнях одежды и инструмента водолазов XVII века отсутствуют упоминания о каких-либо деталях водолазного снаряжения, что позволяет считать их ныряльщиками. Путешественник-натуралист С.Г.Гмелин в 70-е годы XVIII века по личным наблюдениям отмечал, что астраханские водолазы длительное время находились под водой, причем спускались многократно. Работали водолазы от зари до зари. В 1802 г. учуги были уничтожены, но водолазы остались.

Строительство и дальнейшее развитие российского флота при Петре I потребовали широкого применения водолазных работ. Началом организованного развития водолазного дела на государственном уровне можно считать принятие 20 октября 1696 г. боярской думой по настоянию Петра I решения о строительстве флота: «Морским судам быть...». Это дало толчок к интенсивному строительству военного и торгового флотов России и развитию водолазного дела. Российским водолазам выдавались денежное жалованье, надбавки и награды наравне с другими адмиралтейскими служащими. С начала XVIII века на флоте появились штатные водолазы, выполнявшие работы по осмотру и ремонту подводной части корпуса кораблей.

В 1708 г. по повелению Петра I Волковым был сделан перевод с голландского языка трактата под названием «Книга о способах, творящих

водохождение рек свободное». В этой книге сообщалось о способе, как «послать человека в колоколе, слитом из руды, чтобы привязать товары и их из воды вытаскивать».

В 1718 г. Петр I получил челобитную от Е.П.Никонова — крестьянина подмосковного села Покровское-Рубцово, работавшего плотником на казенной верфи, о постройке «потаенного судна» (подводной лодки) с целью нанесения повреждений подводной части корпусов неприятельских кораблей. Из этого подводного судна водолаз должен был выходить в автономном водолазном скафандре (рис. 12). Ефим Никонов так описывает свой скафандр: «А для ходу в воде под корабли надлежит сделать на каждого человека из юхотных кож по два камзола со штанами, да на голову по обшитому или по обивному деревянному бочонку, на котором сделать против глаз окошки и убить свинцом скважины и с лошадиными волосами, и сверх того привязано будет для груза к спине по пропорции свинец или песок и когда оное исправлено будет, то для действия по провертке и зажиганию кораблей сделать надобно инструменты особые, которым подает роспись». Это снаряжение можно рассматривать не как прообраз автономного снаряжения с замкнутой или открытой схемой дыхания, а скорее как прототип вентилируемого водолазного снаряжения по принципу устройства скафандра (в частности, водолазной рубахи и грузов) и дыхания из его объема, однако без подачи воздуха с поверхности. Идея создания такого скафандра не получила практического применения, а построенное по его проекту деревянное «потаенное судно» «Морель» было повреждено при испытаниях весной 1724 г. После смерти Петра I были урезаны кредиты на доработку изобретения, работу не удалось завершить, а Никонова за неосуществленный проект разжаловали в рядовые «адмиралтейские работники» и сослали в отдаленный Астраханский порт, где он вскоре умер.

В 1729 г. в газете «Санкт-Петербургские ведомости» был опубликован первый научный доклад «О водолазах», в котором сообщалось о проблемах, связанных с нырянием, о греческих ныряльщиках, которые перед погружением брали в рот обмазанную маслом губку, о недостатках жесткого водолазного снаряжения, защищающего только голову и туловище, об увеличении давления и сжатии воздуха при спуске, о действии давления на уши. Большое внимание было уделено водолазному коло-



Рис. 12. Водолазное снаряжение
Е.П.Никонова

колу, о котором в заключительной части трактата сказано: «И так способом сего колокола может человек в воде так долго без опасения быть, как долго содержащийся в нем воздух к дыханию способен будет, и человек стужу воды, которая в очюнь великой глубине почти все тело его окружает, вытерпеть возможет».

Начиная с 1730 г. на русский язык переводились отдельные положения, регламентирующие порядок выполнения водолазных работ в различных странах (в частности, в Швеции). Часть правил издавалась в виде указов.

В 1741 г. в России по взаимному соглашению был принят к исполнению указ короля Швеции Фридриха от 8 сентября 1741 г. «О водолазании и вытаскивании из воды», изданный в Стокгольме на шведском, немецком, голландском, английском и русском языках. В «предуведомлении» к указу сказано: «Водолазы при случающихся мореплавателям, а особенно купеческим судам на море нещастиях сколь необходимы, всякому известно». В самом указе говорится: «... нещастия претерпевающие на море имели от водолазания не только скорое вспоможение и их поступками всякую услугу себе — получали и довольны были, но и интересекты старались содержать потребный водолазный штат и довольное число инструментов во всех тех местах, где водолазанию к услуге и пользе мореплавающим быть должно, и что ни каких истинных жалоб не принесено, что бы кто из мореплавающих, который через нашествие на мель учинился несчастливym, лишался нужного и от водолазной компании ему потребного вспоможения; в рассуждении чего государственные чины ... признали водолазание и вытаскивание из воды за весьма нужное, потребное и полезное дело...». Далее приводятся льготы для «водолазных и вытаскивательных из воды компаний» по судебным тяжбам.

В 1763 г. в Санкт-Петербурге были выпущены первые правила водолазной службы: «Известия о порядке, кои соблюдать должно при водолазании и вытаскивании товаров из воды». В этих правилах сообщалось также об использовании водолазных колоколов.

В 1783 г. французский инженер Форфе сконструировал устройство (рис. 13), которое представляло собой надеваемые на грудь и спину водолаза мехи, а пружины в виде пластин удерживали обе половины мехов в раскрытом положении. Вытягивая правую ногу, к которой была привязана соединенная с пластинами веревка, водолаз, по мнению автора, мог погружаться, а при обратном движении подниматься, однако на практике аппарат не был реализован.

В 1797 г. немцем А.Клингертом были предложены «одежда для водолазов» из непромокаемой ткани, прикрепленной к краю металлического колпака, заканчивающаяся короткими рукавами и панталонами до колен (рис. 14), а так-

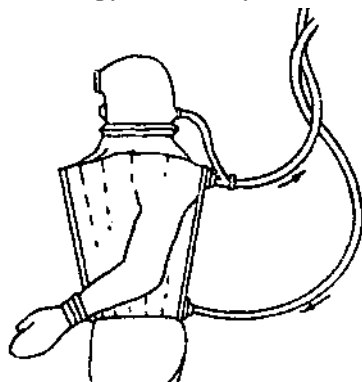


Рис. 13. Скафандр Форфе

же «водолазная машина» для снабжения водолаза сжатым воздухом. Для обеспечения дыхания водолаза были сделаны две кожаные трубы с клапанами вдоха и выдоха, которые затем нашли широкое применение в различных образцах водолазного снаряжения. Для создания отрицательной плавучести водолаза было предусмотрено 4 груза. В 1798 г. изобретение Клингера было испытано на реке Одер под Вранцлавом. Уже на глубине 1,5 м у водолаза возникали затруднения дыхания, а на глубине 3 м дышать было невозможно.

В 1802 г. английский изобретатель Вильям Фордер предложил водолазный костюм, состоящий из медного корпуса, закрывающего голову и верхнюю часть тела, причем левая и правая части корпуса соединялись болтами (рис. 15). Имелись два иллюминатора для глаз. К корпусу прикреплялся кожаный костюм с рукавами и штанами. Снабжение воздухом осуществлялось мехами с поверхности, откуда воздух по кожаной трубке входил в корпус на уровне шеи, а выходил через трубку на правой стороне на уровне груди водолаза. На верхнем конце выводной трубки был установлен регулируемый клапан. Однако мехи на поверхности не смогли обеспечить необходимого давления.

В 1819 г. эмигрировавший в Англию немецкий механик и оружейник Август Зибе изготовил первый водолазный костюм из водонепроницаемого материала, прочно соединенный с металлическим шлемом, сделанным заодно с манишкой (рис. 16, А). С судна воздух подавался водолазу с помощью насоса. Отработанный, а также избыточный воздух выходил из нижнего края неплотно прижатой верхней части костюма. Снаряжение Зибе было успешно испытано при работах по подъему английского линкора «Ройял Джордж», однако при наклоне водолаза вода попадала под рубаху. В 1837 г. Зибе окончательно отработал свой водолазный костюм (рис. 16, Б), снабдив его привинчивающимся шлемом с травящим клапаном, который приводился в действие самим водолазом. Теперь костюм был цельным и закрывал все тело, кроме кистей рук, а свинцовые галоши и груза обеспечивали достаточную остойчивость на грунте. Зибе назвал этот водолазный



Рис. 14. Водолазное снаряжение А. Клингера

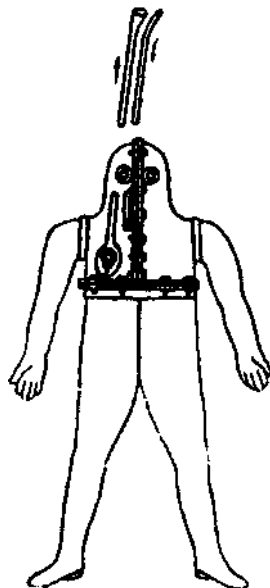


Рис. 15. Водолазное снаряжение В. Фордера

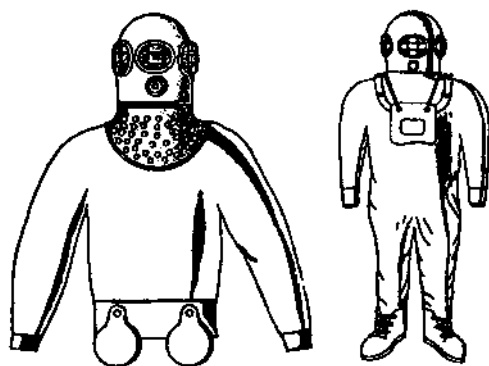


Рис. 16. Водолазный скафандр А.Зибе: А - открытого типа, Б - закрытого типа

костюм «скафандром» от греческих слов «лодка» и «человек». Таким образом, был создан прототип современного тяжелого водолазного снаряжения.

В 1823 г. англичане братья Джон и Чарли Дин получили патент на вентилируемый скафандр для пожарных, который они в 1828 г. предложили использовать для водолазных работ. С помощью этого снаряжения был выполнен ряд успешных операций, на основе которых в 1836 г. было написано первое руководство по проведению водолазных работ.

В 1829 г. русский механик из Кронштадта Э.К.Гаузен предложил сравнительно совершенное водолазное снаряжение, состоящее из водонепроницаемой одежды, грузов и металлического шлема, оснащенного иллюминатором с решеткой (рис. 17). В шлем непрерывно подавался с помощью насоса сжатый воздух. Излишек воздуха вытравливался в воду из-под нижней части шлема. Металлический шлем удерживался на голове гибкой металлической шиной, проходящей между ног. Позднее эта шина была заменена сырым ремнем, а для устойчивого крепления шлема была применена металлическая манишка, опирающаяся на плечи и грудь водолаза. В состав водолазного снаряжения Гаузен ввел рубаху из водонепроницаемой ткани. В 1830 г. второй вариант снаряжения Гаузена был одобрен Комиссией ученого комитета Морского штаба и рекомендован для флота. У снаряжения Гаузена было много недостатков, но оно постепенно улучшалось и использовалось флотами России и других го-



Рис. 17.
Водолазное снаряжение
Э.К.Гаузена

сударство 70-х годов XIX века. Это снаряжение по тому времени являлось лучшим в мире и по праву считается прототипом современного вентилируемого водолазного снаряжения.

В 1834 г. американец Норкросс предложил вентилируемое снаряжение (рис. 18), отличающееся от снаряжения Зибе тем, что воздух поступал в шлем в районе рта, а удалялся в воду через короткую трубку из верхней части шлема.

В 1835 г. Кемпбелл предложил скафандр (рис. 19), состоящий из верхнего цилиндрического футляра вокруг грудной клетки со стеклянным шлемом и кожаных брюк. Воздух подавался в снаряжение от насоса на поверхности.

В 1848 г. будущий адмирал П.С.Нахимов использовал труд водолазов для подъема военного корабля-тендера «Струя», затонувшего в районе Новороссийской бухты на глубине более 20 м.

В 1861 г. в штаты экипажей военных кораблей русского флота были введены водолазы, а водолазное снаряжение стало табельным имуществом.

В 60-е годы XIX в. наиболее широкое распространение получили скафандры французского изобретателя Кабиrole.

В начале 1870-х годов офицер французского флота Огюст Денейруз изобрел вентилируемый скафандр (рис. 20), который явился наиболее удачным прототипом современного трехболтового вентилируемого водолазного снаряжения. В 1875 г. О.Денейруз впервые использовал это снаряжение для спасательных работ.

До 1882 г. в России организованного водолазного дела не было, а если последнее и существовало, то велось кустарным способом. В некоторых портах имелись так называемые «вольные водолазы» — самоучки, усвоившие кое-какие навыки по водолажным работам от иностранных водолазов, которых русское правительство периодически приглашало для выполнения подводных работ. Водолазы-самоучки могли спускаться лишь на малые глубины и производить на грунте только самые простые работы.

Большой вклад в развитие водолазной техники и водолазного снаряжения внесли специалисты Кронштадтской водолазной школы.



Рис. 18. Скафандр Норкросса



Рис. 19. Скафандр Кемпбелла



Рис. 20. Скафандр
О.Денеируза

Указ императора Александра III от 23 апреля 1882 г. гласит: «Моим указом для приготовления опытных в водолазном деле офицеров и нижних чинов для судовых надобностей и подводных минных работ учреждается в Кронштадте Водолазная школа». 5 мая 1882 г. в г. Кронштадте была основана первая в России и в мире водолазная школа. Первым начальником школы стал капитан-лейтенант А.Г.Леонтьев, а врачом — М.Н.Храбростин. Преподавателями школы были строевые офицеры и врачи флота, хорошо подготовленные по водолазному делу. Благодаря их деятельности к 1887 г. русский флот полностью перешел на снабжение отечественными образцами водолазного снаряжения. В школе были разработаны и изготовлены надежные образцы водолазной рубахи и водолазного шланга, отличавшиеся большой прочностью и устойчивостью к температурным перепадам. Были созданы новый водолаз-

ный шлем, первый компрессор и другие виды водолазной техники.

В 1889 г. мичман Е.В.Колбасев изобрел водолазную помпу, которая оказалась лучше заграничных образцов, электрический подводный светильник и схему телефонной связи с водолазом под водой. Капитан 2 ранга М.К.Шульц создал подводный миноискатель, а также совместно с А.С.Поповым телефонную водолазную станцию. В 1900 г. были разработаны приборы для контроля состояния водолаза под водой: младший врач школы В.П.Аннин сконструировал «кардиофон» для выслушивания тонов сердца, инженер-механик Г.Н.Пио-Ульский создал «пневмограф» для записи дыхания, а старший врач Н.А.Есипов изобрел «сейсмограф» для электрической записи пульса, за который получил персональную серебряную медаль на Всемирной выставке в Париже. В 1893 г. врач школы Ф.И.Шидловский изобрел несколько вариантов автоматических травящих клапанов для водолазного скафандра, нашедших широкое применение во многих странах мира. В том же году на Международной промышленной выставке в Чикаго водолазная техника, представленная водолазной школой, была отмечена бронзовой медалью, а школа удостоена диплома. В 1885 г. врач Н.А.Есипов и инженер-механик Л.А.Родионов предложили первый в мире фотоаппарат для подводных съемок, а лейтенант Е.П.Тверетинов разработал электрический фонарь для освещения под водой. В 1894 г. на Международной промышленной выставке в Нижнем Новгороде школа была удостоена высшего диплома 1-го разряда, а отдельные экспонаты - золотых медалей. В 1897 г. на Петербургской выставке судоходства экспонировались выполненные русскими водолазами подвод-

ные фотоснимки, получившие высокие отзывы специалистов. В 1900 г. на всемирной выставке в Париже школа удостоилась золотых, серебряных и бронзовых медалей.

Изобретения и усовершенствования, выполненные преподавателями Кронштадтской водолазной школы, позволили значительно увеличить глубину погружений водолазов и расширить их возможности по выполнению подводных работ. Ученики школы уже в 1894 г. отрабатывали практические задачи по поиску затонувших объектов на глубинах до 55 м, а водолаз А.И.Коротовский в этом же году впервые в мире достиг глубины 30 саженей (64 м).

В начале XX века водолазный специалист броненосца «Император Александр III» лейтенант Арцибашев писал: «Я имел возможность ознакомиться с состоянием водолазного дела на императорских судах. Из этих наблюдений я составил одно общее мнение, что водолазное дело на наших русских судах стоит гораздо правильнее, чем у иностранцев. Предельная глубина, на которую опускаются иностранные водолазы, есть 20—23 м, в редких случаях 27 сажен. Приятно сознавать, что рекорд глубоководных спусков побит все-таки нами, русскими, у которых глубина водолазных спусков уже достигла 30 сажен. Я уверен, что русские водолазы не остановятся на этой глубине».

Революция 1917 г. и последовавшая за ней гражданская война привели к существенным переменам в области проведения спасательных и судоподъемных работ, подготовки водолазного состава и выполнения научно-исследовательских работ. Множество частных фирм занималось хищническим извлечением различных ценностей с затонувших судов. Не всегда даже простые водолазные работы заканчивались удачно. В 1918 г. был образован Всероссийский союз водолазов, объединивший около 200 водолазов-профессионалов. Несмотря на это, судоподъем большого количества затопленных во время империалистической и гражданской войн кораблей и судов до 1921 г. не проводился из-за отсутствия организации судоподъемных работ, подготовленных кадров и необходимой техники. Революционные события в Кронштадте в 1917—1919 гг. затрудняли проведение занятий и научных исследований в водолазной школе. С 1918 по 1922 г. школа перебазировалась из Кронштадта в Петроград, затем в Саратов, Казань, Вольск и снова в Кронштадт. Вслед за этим в связи с тем, что учебный полигон водолазной школы отошел к Финляндии, она была переведена в 1924 г. в Севастополь и вошла в состав Учебного отряда Черноморского флота.

Советское правительство приняло ряд мер по упорядочению и развитию спасательного, судоподъемного и водолазного дела. 19.06.1919 г. был издан декрет о национализации водолазного имущества и передаче его Главному управлению водного транспорта за исключением имущества, находящегося в ведении ВМФ. 14.12.1920 г. постановлением Комиссии по снабжению рабочих при Наркомпроде водолазы были приравнены по снабжению к командирам подводных лодок во время выхода в море. В декрете Совнаркома от 5.01.1921 г. «О работах по подъему затонувших судов на Черном и Азовском морях» говорится: «Ввиду особой трудно-

сти судоподъемных работ и опасности их для жизни и здоровья установить особые нормы оплаты труда и выдачи продовольствия, а также денежного и натурального премирования работ...». Этот день считается днем основания Поисково-спасательной службы ВМФ.

28.04.1921 г. была создана Центральная водолазная база (ЦВБ) при Центральном техническом водном управлении по отделу судоподъемных, водолазных и спасательных работ, а в 1922 г. при ЦВБ была создана водолазная школа на 50 учеников.

В развитии водолазного дела в нашей стране и совершенствовании вентилируемого водолазного снаряжения большую роль сыграла Экспедиция подводных работ особого назначения (ЭПРОН), созданная 17 декабря 1923 г. приказом № 528 ОГПУ. Создание ЭПРОНа было связано с проводившимися на Черном море поисками золота на затонувшем в Балаклавской бухте в 1854 г. во время Крымской войны английском паровом фрегате «Принц», получившем в народе название «Черный принц». Поскольку предполагалось, что «Принц» лежит на глубине свыше 100 м, необходимо было создать специальное подразделение, способное производить поисковые работы на больших глубинах, а затем потребовалось пригласить специалистов частной японской фирмы «Синхай Когиеосио лимитед», имевших большой опыт практических работ. В 1925 г. водолазы этой фирмы в Средиземном море подняли с затонувшего на глубине 72 м английского парохода большие ценности.

ЭПРОН объединил все водолазное дело в стране, организовал централизованную подготовку водолазов и промышленное производство водолазной техники. На базе ЭПРОНа были развернуты исследования и экспериментальные работы в области водолазного дела, совершенствовались и создавались новые образцы водолазной техники. В 1925 г. в Балаклаве были организованы первые курсы водолазного дела при ЭПРОНе. В этом же году одним из курсантов-водолазов при учебных спусках под руководством врача ЭПРОНа Константина Алексеевича Павловского было найдено судно «Принц», затонувшее в 1854 г. Оно было затем обследовано, но золота на нем не оказалось.

1.03.1930 г. в ведение ЭПРОНа были переданы Центральная водолазная база и ее водолазная школа. В 1930 г. водолазная школа ЭПРОНа была реорганизована в Военно-морской водолазный техникум, который стал общесоюзным центром подготовки водолазов и водолазов-глубоководников. Начальником техникума был назначен Феоктист Андреевич Шпакович, а его заместителем — К.А.Павловский. С организацией техникума началось усиленное освоение водолазами больших глубин.

1.01.1931 г. ЭПРОН был передан в ведение Народного комиссариата путей сообщения, а 23.02.1931 г. - Народного комиссариата водного транспорта. 11.03.1931 г. при Главном управлении для проработки производственных вопросов, разработки проектов и планов судоподъемных, аварийно-спасательных и водолазно-строительных работ, конструкции приспособлений и усовершенствований производства был организован Научно-технический совет ЭПРОНа, в который наряду с спе-

специалистами его Главного управления вошли ведущие ученые в области кораблестроения — академик Алексей Николаевич Крылов, члены-корреспонденты АН СССР Ю.А.Шиманский, П.Ф.Попкович, профессор В.Г.Власов и в области физиологии водолазного руда - академик Леон Абгарович Орбели и член-корреспондент АН СССР Евгений Михайлович Крепе. С 1932 г. Научно-технический совет возглавлял начальник ЭПРОНа Фотий Иванович Крылов. Материалы заседаний Совета и отчеты по наиболее интересным судоподъемным и водолажным работам публиковались в «Сборниках ЭПРОНа», которые начали издаваться с 1933 г.

Начиная с 30-х годов XX века работы советских водолазов приобрели широкую известность не только в нашей стране, но и за рубежом. В 1931 г. на Черном море водолаз АД.Разуваев достиг в трехболтовом вентилируемом снаряжении глубины 84 м, что было вторым результатом в мире после спуска в 1930 г. водолазов ВМС Великобритании на глубину 97,5 м. В 1932 г. в Шотландии был проведен рекордный спуск на глубину 105 м, а в 1933 г. А.Д.Разуваев спустился на глубину 100 м. В 1928 г. ЭПРОНОм была поднята подводная лодка АГ-21 с глубины 60 м, в 1932 г. — подводная лодка К-9 «Рабочий» с глубины 84 м, а в 1933 г. в суровых условиях Арктики ЭПРОН провел работы по спасению ледокола «Малыгин» и подъему затонувшего ледокола «Садко». На сложнейших судоподъемных и аварийно-спасательных работах, выполнявшихся ЭПРОНОм, выковывались замечательные кадры водолазов. Подлинными мастерами подводных работ стали водолазы Ф.К.Хондюк, П.П.Константинов, П.М.Смольников, Н.Г.Щербаков и другие. В последующие годы быстро развивались глубоководные водолазные спуски в вентилируемом водолажном снаряжении под руководством созданной в 1931 г. Постоянной комиссии по аварийно-спасательному делу, которую возглавил начальник кафедры Военно-медицинской академии академик Л.А.Орбели. В состав Комиссии вошли сотрудники этой кафедры Е.М.Крепе, Б.Д.Кравчинский, С.П.Шистовский и другие. Непосредственно спуски проводили начальник Военно-морского водолазного техникума Ф.А.Шпакович и главный врач ЭПРОНа К.А.Павловский.

В 1935 г. после серии тренировок водолазный специалист Н.А.Максимец спустился на глубину 113 м, а водолазы В.Н.Чертан и В.Г.Хмелик — на глубину 115 м. Эти спуски отважных покорителей глубин показали, что газы, входящие в состав воздуха, оказывают ощутимое влияние на организм. Однако физиологический предел еще не был достигнут. В 1937 г. водолазы В.М.Медведев, В.Н.Чертан и П.К.Спаи впервые покорили в вентилируемом снаряжении глубину 137 м. По достижении грунта водолазы не смогли выполнить работу под водой. Из-за наркотического действия азота, содержащегося в сжатом воздухе, у водолазов при подходе к запланированной глубине появлялись галлюцинации, водолазы не могли контролировать свои действия, но В.М.Медведеву удалось взять пробу грунта и доложить об этом на поверхность. В этих спусках был достигнут физиологический предел глубины при дыхании сжатым воздухом, связанный с наркотическим дей-

ствием азота. Трудность этой победы становится очевидной, если учесть, что гораздо позднее при освоении меньших глубин погибли Морис Фарг (Франция), Хоуп (США) и другие опытные водолазы. При этом рекордными достижениями глубины на сжатом воздухе с использованием акваланга считались спуски в 1959 г. итальянцев Энио Фалько, Цезаре Ольджетти и Альберто Новелли на глубину 131,5 м.

Вентилируемое водолазное снаряжение до второй мировой войны было полностью отработано. Установлена его комплектация, разработана методика использования, и оно стало широко применяться для выполнения водолазных работ.

Долгое время вентилируемое водолазное снаряжение было представлено двумя вариантами: трехболтовое и двенадцатиболтовое снаряжение. В обоих видах снаряжения дыхание водолазов под водой обеспечивается непрерывной подачей с поверхности по шлангу сжатого воздуха в подшлемное пространство, где воздух смешивается с выдыхаемым воздухом и периодически вентилируется путем стравливания воздушной среды скафандра с помощью травящего клапана в воду.

В 1939 г. главный врач ЭПРОНа К.А.Павловский предложил усовершенствовать трехболтовое водолазное снаряжение с целью исключения накопления в подшлемном пространстве снаряжения CO_2 и снижения расхода воздуха на дыхание водолазов. Новый метод использования водолазного снаряжения автор назвал методом «выдоха в воду» (рис. 21). Водолаз, находясь под водой в вентилируемом снаряжении, дышит через мундштук, имеющий по краям 2 резиновых клапана — вдоха и выдоха. Водолаз вдыхает из шлема сжатый воздух, поступающий через клапан вдоха, а выдыхаемый газ через клапан выдоха поступает в гофрированную трубку, проходящую через стенку шлема и оканчивающуюся лепестковым клапаном, откуда выдыхаемый газ выходит непосредственно в воду. Лепесток укрепляется у правого верхнего края переднего груза. При более высоком расположении лепестка газ, находящийся под меньшим давлением, будет беспрепятственно выходить из шлема через мундштук, а при более низком расположении лепестка выдох водолаза будет затруднен из-за увеличения окружающего давления воды. Для большей гарантии отсутствия выдоха в объем шлема на нос может надеваться носовой зажим. Испытания снаряжения и его практическое использование в 1939-1940 гг. показали, что при воздушноснабжении от водолазной помпы можно в 2 раза снизить расход воздуха и увеличить глубину спуска по сравнению с использованием снаряжения в обычном варианте. Однако начавшаяся в 1941 г. война отложила широкое внедрение данного проекта, а впоследствии в



Рис. 21. Шлем вентилируемого снаряжения с приспособлением для выдоха в воду

дальнейшем, будет беспрепятственно выходить из шлема через мундштук, а при более низком расположении лепестка выдох водолаза будет затруднен из-за увеличения окружающего давления воды. Для большей гарантии отсутствия выдоха в объем шлема на нос может надеваться носовой зажим. Испытания снаряжения и его практическое использование в 1939-1940 гг. показали, что при воздушноснабжении от водолазной помпы можно в 2 раза снизить расход воздуха и увеличить глубину спуска по сравнению с использованием снаряжения в обычном варианте. Однако начавшаяся в 1941 г. война отложила широкое внедрение данного проекта, а впоследствии в

связи с развитием других типов водолазного снаряжения этот проект был забыт.

В годы Великой Отечественной войны (1941—1945 гг.) вентилируемое снаряжение было единственным снаряжением, применявшимся для выполнения подводно-технических и судоподъемных работ на глубинах до 60 м. История знает сотни примеров мужества и героизма военных водолазов, проводивших в условиях обстрела и бомбометания оказание помощи поврежденным кораблям, подъем ценных грузов и продуктов питания, а в конце войны также подъем затонувших кораблей и судов. Большую роль в подготовке водолазов в эти суровые годы сыграл Военно-морской водолазный техникум, который в 1941 г. из Балаклавы перебазировался в Астрахань, в 1942 г. - на Байкал, а в 1944 г. возвратился в Балаклаву.

В еще больших масштабах развернулись водолазные работы с использованием вентилируемого снаряжения после окончания войны. Тысячи водолазов работали по обеспечению подъема затонувших кораблей и судов на морях, реках и озерах, где ранее проходили боевые действия. Водолазы обследовали многие сотни квадратных километров. Очищая фарватеры и акватории гаваней и портов от мин и снарядов, они активно участвовали в восстановлении поврежденных гидротехнических сооружений, разрушенных мостов, портовых сооружений, затопленных шахт и рудников, в ликвидации различных повреждений водопроводных, канализационных и кабельных подводных переходов через реки и водоемы многих городов, варварски разрушенных противником.

В послевоенные годы совершенствование вентилируемого водолазного снаряжения проводилось 40-м Научно-исследовательским институтом аварийно-спасательного дела и глубоководных работ Министерства обороны (40 ГосНИИ МО), созданным 3 января 1945 г.

В 1945 г. прошли морские испытания в Балаклаве 12-болтовые водолазные шлемы и манишки из органического стекла и было изготовлено 100 опытных образцов. Испытания показали, что по сравнению с металлическими шлемами они имеют следующие преимущества: не подвержены действию электролиза и морской воды, имеют большое поле зрения, отсутствует отпотевание из-за плохой теплопроводности плексигласа, улучшается слышимость по телефону из-за некоторого приглушения посторонних звуков, прозрачный шлем удобен для обучения водолазов, поскольку он позволяет следить за движениями головы обучающегося. К их недостаткам относятся искажение предметов в воде из-за сферической поверхности шлема и ухудшение видимости в результате повреждения наружной шлифованной поверхности смотровой части шлема твердыми частицами при размыве грунта. Отмеченные недостатки, а также неприятные ощущения водолазов при пользовании шлемами («как будто незащищенная голова со всех сторон окружена водой») послужили причиной того, что водолазные шлемы и манишки из органического стекла не нашли практического применения.

В 1949 г. было принято 3-болтовое снаряжение УВС-50 (усовершенствованное водолазное снаряжение). Разработка снаряжения проводи-

лась С.Е.Буленковым, Н.К.Кривошеем и А.Ф.Маурером. В дальнейшем было проведено усовершенствование вентилируемого снаряжения и принято на снабжение ВМФ снаряжение УВС-50М. Наряду с этим было разработано комбинированное «универсальное водолазное снаряжение», в котором используются котелок шлема 3-болтового водолазного снаряжения и манишка 12-болтового снаряжения.

Вентилируемое водолазное снаряжение не могло обеспечить проведения глубоководных водолазных спусков с использованием кислородно-гелиевых и воздушно-гелиевых смесей из-за большого расхода газовых смесей и отсутствия их резервного запаса. В связи с этим на основе 3-болтового снаряжения были созданы новые образцы снаряжения: не нашедшее применения на практике снаряжение ВКС-57 для спусков на глубины до 100 м с использованием кислородно-азотных и кислородно-гелиевых смесей, а также широко применявшиеся до 80-х годов XX века образцы глубоководного снаряжения ГКС-3 и ГКС-3М, предназначенные для спусков на глубины до 200 м с использованием кислородно-гелиевой и воздушно-гелиевой смесей. Десятикратная экономия газовых смесей достигалась использованием инжектора и регенерации дыхательной газовой смеси (ДГС). Был также предусмотрен резервный запас смеси в баллонах. Данный вид снаряжения можно рассматривать как промежуточный между вентилируемым снаряжением и снаряжением с полужамкнутой схемой дыхания.

В 1994 г. взамен 3-болтового вентилируемого снаряжения на снабжение ВМФ было принято облегченное вентилируемое снаряжение СВВ-86. Комплектация снаряжения обеспечила возможность спусков на глубины до 60 м в водообогреваемом гидрокомбинезоне. В дальнейшем это снаряжение было заменено на снаряжение СВВ-97, которое фактически является комбинацией вентилируемого снаряжения и воздушно-баллонного аппарата с открытой схемой дыхания.

В 1997 г. были проведены успешные испытания нового водолазного снаряжения НВС, которое предназначено на замену 3- и 12-болтовому образцам вентилируемого водолазного снаряжения, поскольку оно значительно превосходит их по своим техническим и физиолого-гигиеническим характеристикам.

1.1.2.История создания водолазного снаряжения с замкнутой и полужамкнутой схемами дыхания

Многолетняя практика водолазных работ, выполняемых в вентилируемом водолазном снаряжении, показала, что наиболее распространенные их образцы — 3-болтовое и 12-болтовое снаряжение — имеют ряд недостатков. Наиболее существенными являются громоздкость, ограничение подвижности и маневренности, связанные с большим объемом скафандра и наличием шланга подачи воздуха.

Попытки создания мобильного автономного снаряжения, не зависящего от воздухообеспечения с поверхности, предпринимались сотни лет назад. В посмертной публикации 1680 г. Дж.А.Борелли был предложен авто-

номный подводный аппарат (рис. 22), состоящий из шлема, трубок и устройства для регенерации воздуха. Борелли считал, что выдыхаемый воздух будет очищаться в конденсате при прохождении через трубки, охлаждаемые морской водой. В снаряжении впервые было предусмотрено нечто напоминающее ласты. Это предложение не было в то время реализовано.

В 1772-1774 гг. француз Фреминэ вернулся к идее Дж.А.Борелли, предложив «гидростатическую машину» (рис. 23), состоящую из скафандра с медным шлемом и воздушного резервуара, из которого по шлангу подавался воздух с помощью мехов, приводимых в действие спиральным пружинным двигателем. Фреминэ, как и Борелли, придерживался ошибочной гипотезы о возможности регенерации воздуха при его охлаждении. Хотя испытания показали, что регенерация не происходила, запас воздуха был мал, а двигатель мало-мощен, изобретателю удалось пробыть под водой несколько минут на глубине 15м.

Английский врач Пэйерн в 1842 г. предложил для проведения подводных работ использовать водолазное снаряжение со шлангами вдоха и выдоха, которые крепятся к изобретенной им подводной лодке с устройством для выхода водолазов. Водолазам подается очищенный в подводной лодке воздух под давлением, соответствующим глубине их погружения. При проведении испытаний метода очистки воздуха в Политехническом институте Лондона в присутствии многих ученых Пэйерн осуществил спуск в водолазном колоколе, в котором находился в течение 3 ч. Углекислый газ поглощался щелочью, а кислород вырабатывался путем подогрева хлората калия. Изобретение Пэйерна произвело сенсацию, и Пэйерн получил патент на регенерацию воздуха.

В 1843 г. француз Сандала предложил индивидуальное водолазное снаряжение с системой регенерации. Однако это была только идея, не подкрепленная описанием или рисунками и не воплощенная в действительность.

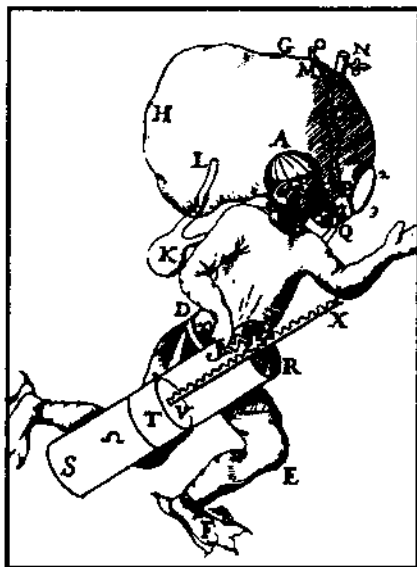


Рис. 22. Подводный аппарат Дж. Борелли

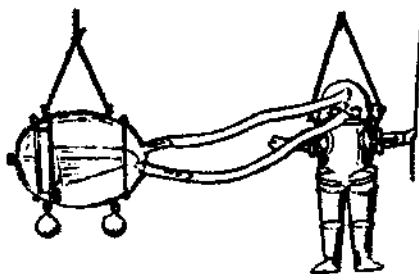


Рис. 23. «Гидростатическая машина» Фреминэ

Первая попытка создания автономного снаряжения с замкнутой схемой дыхания принадлежит известному русскому электротехнику, изобретателю угольной лампы накаливания А.Н.Лодыгину. В 1871 г. он представил в Военное министерство разработанный им проект автономного водолазного аппарата. Аппарат состоял из стальной оболочки, прикрывающей голову и грудь водолаза, каучуковой одежды, гальванической батареи и электрического аппарата, предназначенного для разложения воды на водород и кислород, который должен был использоваться для дыхания водолаза. Задуманный А.Н.Лодыгиным аппарат не был построен, однако гениальная догадка русского изобретателя о применении искусственных газовых смесей для дыхания водолазов блестяще оправдалась в наше время.

Интересная и весьма совершенная конструкция автономного аппарата была предложена в 1873 г. мичманом российского флота А.Хотинским. Аппарат имел емкости с кислородом и сжатым воздухом, дыхательные резиновые мешки и одежду из легкой двойной ткани, проклеенной резиной. Подача на дыхание воздуха и кислорода осуществлялась с помощью механического регулятора. На голову водолазу надевалась полумаска из листовой меди со стеклянным иллюминатором. Для очистки воздуха от CO_2 предлагалось использовать «натриевую соль» в специальном устройстве. Однако и это замечательное предложение не было осуществлено, хотя конструкция и принцип действия современных аппаратов с замкнутой схемой дыхания кислородом во многом напоминают предложенные А.Хотинским.

В 1879 г. офицер английского торгового флота Генри Флюсе предложил автономный кислородный аппарат с замкнутой схемой дыхания и поглощением углекислого газа (рис. 24). Аппарат состоял из расположенного на спине водолаза дыхательного мешка, в верхней части которого помещался металлический регенеративный патрон, наполненный паклей, пропитанной каустической содой. Под мешком находился медный баллон с кислородом под давлением 30 кгс/см^2 . От



Рис. 24. Первый автономный кислородный аппарат Г.Флюсса:
Л — вид спереди; Б — вид сзади

баллона к мешку шла резиновая трубка с ручным запорным клапаном, который водолаз должен был периодически открывать для пополнения мешка кислородом. От мешка по плечам водолаза шли 2 резиновые трубки, которые присоединялись к клапанной коробке. Клапанная коробка двумя гофрированными шлангами соединялась с полумаской, надетой на лицо водолаза. Выдыхаемый газ едким калием очищался от углекислоты и возвращался в дыхательный мешок, где обогащался кислородом и становился пригодным для дыхания. По принципу действия аппарат Флюсса близок к современным аппаратам с замкнутой схемой дыхания, однако продолжительность его использования была незначительной (10—15 мин) из-за малого давления кислорода. Другим недостатком была опасность переохлаждения, поскольку аппарат не был снабжен гидрозащитной одеждой.

В 1902 г. к работе по усовершенствованию аппарата Флюсса подключился Роберт Дэвис, который заменил ручной запорный клапан автоматическим клапаном подачи кислорода и ручным пускателем (байпасом), усовершенствовал поглотитель CO_2 , применил стальные баллоны, выдерживающие давление 150 кгс/см^2 , а затем изобрел редукционный клапан с инжектором, который автоматически подавал в шлем кислород через поглотитель CO_2 и отсасывал выдыхаемую смесь. Вначале дыхательный мешок и регенеративный патрон размещались на спине водолаза, а затем дыхательный мешок был перенесен на грудь (рис. 25).

Флюсе, Зиббе и Горман создали также снаряжение, названное прибором Зиббе—Гормана (рис. 26), которое представляет комбинацию вентилируемого снаряжения и снаряжения с замкнутой схемой дыхания. Скафандр с металлическим шлемом дополнялся размещаемым на груди дыхательным мешком с поперечной перегородкой, в нижнюю часть которого вставлялся поглотитель CO_2 . На верху мешка имелись клапаны вдоха и выдоха, соединенные гофрированными трубками с загубником. На спине размещался баллон с кислородом.



Рис. 25. Аппарат Р.Дэвиса

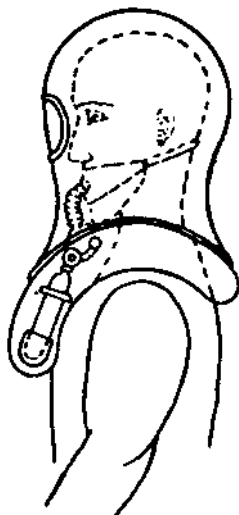


Рис. 26. Прибор Зиббе-Гормана

В 1907 г. капитан США М.Холл и морской хирург Риид создали снаряжение с замкнутой схемой дыхания для спасения подводников. В скафандре Зибе без подачи воздуха с поверхности они использовали предложенный в 1897 г. Жоржем Жобером препарат перекиси натрия - оксилит, который поглощает углекислый газ и выделяет кислород. Оксилит размещался в металлическом патроне. Имелось 2 небольших баллона со сжатым воздухом для поддержания воздушной подушки в капюшоне, доходившем до пояса. Был разработан также вариант снаряжения для выполнения водолазных работ в комбинации вентилируемого снаряжения и снаряжения с замкнутой схемой дыхания, где регенеративный патрон размещался внутри герметичной водолазной рубахи.

В 1911 г. Роберт Дэвис сконструировал аппарат с замкнутой схемой дыхания, в котором можно было применять воздух с оксилитом или кислород с поглотителем CO_2 . Аппарат представлял собой дыхательный мешок в форме спасательного нагрудника, внутри которого размещался регенеративный патрон, к дыхательному мешку крепились гофрированные трубки вдоха и выдоха, соединенные, в свою очередь, с клапанной коробкой и загубником. Дыхательный мешок на начальном этапе применения аппарата заполнялся кислородом из отдельного баллона, поскольку активность оксилита проявлялась только через 2 мин. Впоследствии этот аппарат получил широкую известность как ПСАД - подводный спасательный аппарат Дэвиса.

Интенсивное развитие подводного флота заставило советских ученых заняться изучением вопроса обеспечения выхода личного состава из аварийной подводной лодки. Предложенные за рубежом образцы снаряжения с замкнутой схемой дыхания по своим тактико-техническим данным не соответствовали требованиям безопасного спасения людей, выходящих на поверхность из погруженной подводной лодки. В иностранных образцах спасательного снаряжения (например, в аппарате Дэвиса, см. рис. 25) осуществлялось маятниковое дыхание, когда вдох и выдох проводились по одной трубке. В таких аппаратах схема дыхания предусматривала прохождение газовой смеси через регенеративный патрон дважды (при вдохе и при выдохе), что приводило к повышению сопротивления дыхания на вдохе по сравнению с отдельным использованием трубок вдоха и выдоха. Кроме того, за счет большого мертвого пространства в дыхательной трубке содержалась сравнительно большая концентрация CO_2 .

В 1930-1931 гг. Е.М.Крепе, Ф.А.Шпакович и С.И.Прикладовицкий разработали макетный образец первого отечественного индивидуального спасательного аппарата (ИСА) для самостоятельного выхода подводников из затонувшей подводной лодки.

В 1931 г. к решению проблемы безопасного выхода из подводной лодки приступила группа врачей-физиологов лаборатории академика Л.А.Орбели, а позднее в группу вошли врачи Военно-медицинской академии С.П.Шистовский и В.Д.Кравчинский, главный врач ЭПРОНа К.А.Павловский, начальник учебно-тренировочной башни Учебного отряда подводного плавания И.П.Шабельский, его заместитель врач

В.М.Плешаков, водолазные инструкторы Б.Е.Соколов, Б.А.Иванов, Л.Ф.Кобзарь, И.И.Выскребенцев и другие. Этой группой в 1932 г. был разработан первый отечественный индивидуальный спасательный аппарат «Э-1» («ЭПРОН-1»), который стал изготавливаться в мастерских ЭПРОНа (рис. 27). Снаряжение непрерывно совершенствовалось, и к середине 1930-х годов была выпущена серия аппаратов вплоть до «Э-5». Аппараты типа «Э» состояли из кислородного баллона, коробки с химпоглотителем, дыхательного мешка с травящим клапаном, клапанной коробки с клапанами вдоха и выдоха и двумя гофрированными трубками. При вдохе кислород из дыхательного мешка по трубке вдоха через клапан вдоха клапанной коробки поступает в легкие. Выдыхаемый газ через клапан выдоха и трубку выдоха попадает в патрон, заполненный химическим поглотителем извлекательным (ХП-И), где очищается от CO_2 , а затем — в дыхательный мешок. Пополнение кислорода в дыхательном мешке аппарата «Э-1» производилось вручную путем открытия вентиля кислородного баллона. Постепенно аппараты типа «Э» совершенствовались, ручная подача кислорода была заменена подачей с помощью байпаса, а затем в аппарате «Э-5» — также автоматической постоянной подачей.

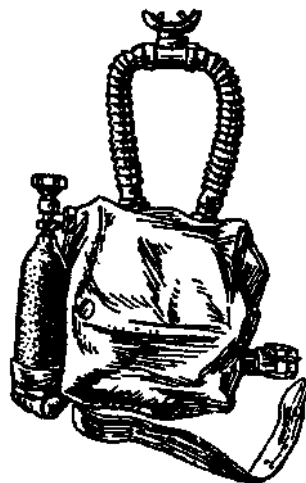


Рис. 27. Кислородный дыхательный аппарат «Э-1»

В 1934 г. для проведения водолазных работ и спасения подводников был разработан и принят к эксплуатации гидрокombинезон, полностью изолирующий тело водолаза от воды. Это сразу расширило возможности использования снаряжения с замкнутой схемой дыхания, позволило увеличить время работы водолаза под водой без риска переохлаждения, повысило безопасность самостоятельного спасения из подводной лодки, появилась возможность спусков в этом типе снаряжения в зимнее время. Кроме аппаратов типа «Э» были созданы новые аппараты ИПА-1 и ИПА-2 с резиновыми масками, изолирующими лицо водолаза от воды.

В 1936 г. появились новые, более совершенные конструкции снаряжения с замкнутой схемой дыхания: ВИА-1, ВИА-2 и ИПА-3. Были созданы также аппараты типа ВАП, ИПСА и ОСВОД.

Первый практический выход личного состава из погруженной подводной лодки был проведен с глубины 16 м 6 июля 1936 г. во время учения на Тихоокеанском флоте под руководством капитана 1 ранга Г.Н.Холостякова. Руководил подготовкой и выходом подводников военврач 3 ранга Н.К.Кривошеенко, а в разработке метода выхода и режима декомпрессии приняли участие С.П.Шистовский и Б.Д.Кравчинский. Под их руководством в 1938 г. водолазы И.И.Выскребенцев, Б.А.Иванов, Н.Н.Солнцеви Б.Е.Соколов впервые произвели выход из

подводной лодки по буйрепу через торпедный аппарат с глубины 40 м и через рубку с глубины 70 м. В 1939 г. Б.Д.Кравчинским и С.П.Шистовским было разработано «Временное наставление по выходу людей из затонувшей подводной лодки».

В Военно-Морском Флоте (особенно на Черноморском флоте) стало быстро развиваться «легководолазное дело» — спуски с использованием снаряжения с замкнутой схемой дыхания. Водолазные аппараты стали применяться на надводных кораблях для осмотра подводной части кораблей и винтов, а также для работ в затопленных отсеках корабля. Снаряжение с замкнутой схемой дыхания нашло широкое применение и в народном хозяйстве, особенно на спасательных станциях.

В 1939 г. был принят на снабжение ВМФ гидрокомбинезон ТУ-1, имеющий шлем с очками. В этом же году был разработан один из лучших образцов автономных аппаратов - изолирующий спасательный аппарат морской ИСА-М, на базе которого в 1943 г. была выпущена усовершенствованная модель — ИСА-М-43.

В 1940 г. Дж.Ламбертсен разработал дыхательный аппарат с полужамкнутой схемой дыхания и постоянным потоком кислорода. Автор полагал, что в этом аппарате может использоваться для дыхания кислородно-азотная смесь.

В послевоенные годы продолжались работы по совершенствованию водолазного снаряжения с замкнутой схемой дыхания.

В 1948 г. был разработан и принят на снабжение ВМФ аппарат ИСА-М-48 (авторы С.Е.Буленков, А.Ф.Маурер и А.И.Солдатенков), обладавший хорошими техническими характеристиками и позволявший находиться под водой до 2 ч (рис. 28). В аппарате предусматривалась ручная подача кислорода в дыхательный мешок с помощью байпаса и автоматически с помощью модифицированного кислородного регулятора.

В 1951 г. 40 ГосНИИ МО был разработан и принят на снабжение изолирующий дыхательный аппарат ИДА-51 с гидрокомбинезоном ГК-2, имеющим объемный шлем. Это снаряжение было предназначено для выхода из аварийной подводной лодки. В отличие от аппарата ИСА-М-48 в этом аппарате было 2 малолитражных баллона, из которых ОДИН заполнялся кислородом, а другой — 7 %-ной кислородно-гелиевой

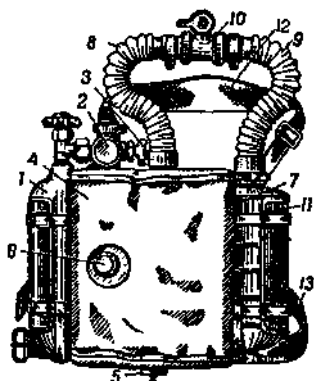


Рис. 28. Аппарат ИСА-М-48:

- 1 — кислородный баллон,
- 2 — кислородподающий механизм,
- 3 — указатель минимального давления,
- 4 — дыхательный мешок,
- 5 — предохранительный клапан,
- 6 — травящий клапан
- 7 — регенеративный патрон,
- 8 — трубка вдоха,
- 9 — трубка выдоха,
- 10 — клапанная коробка,
- 11 — нагрудник,
- 12 — шейный ремень,
- 13 — пояс

смесью (КГС). Регенеративный патрон заряжался не ХП-И, а веществом О-3, которое поглощает в выдыхаемой газовой смеси CO_2 и выделяет O_2 . Наличие в аппарате баллона с КГС позволяло подводникам осуществлять выход с глубин до 200 м, а дыхание кислородом в аппарате требовалось для декомпрессии с глубины 25 м до поверхности. Переключение на дыхание кислородом производилось с помощью байпаса. Редуктор кислородного баллона обеспечивал непрерывную подачу кислорода в дыхательный мешок в течение всего времени использования аппарата. В модернизированном аппарате ИДА-51М вместо баллона с КГС использовался баллон с 25 %-ной КАГС (25 % кислорода, 60 % азота и 15 % гелия), а также дополнительный гелиевый баллон. Этот баллон с ручным пускателем не входил в комплект аппарата, а хранился на спасательных судах и должен был передаваться водолазами на аварийную подводную лодку.

В 1957 г. было разработано регенеративное водолазное снаряжение с заспинным кислородным аппаратом ЛВИ-57 в магнитном и немагнитном вариантах. В снаряжение входили гидрокомбинезон ГК-1 с емкостями всплытия, нагрудный груз, свинцовые задники. В качестве теплозащитной одежды применялось шерстяное водолазное белье.

В 1960 г. было принято на снабжение индивидуальное спасательное снаряжение подводника ИСП-60 (авторы И.А.Александров, В.В.Смолин, Ю.К.Павловский и Г.И.Клыгин), в состав которого входит изолирующий дыхательный аппарат ИДА-59, позволяющий подводникам осуществлять самостоятельное спасение методом свободного всплытия и способом подъема по буйрепу с глубины 100 м. Аппарат ИДА-59 имеет дыхательный мешок, 2 баллона (один — с кислородом, другой — со смесью 25 % кислорода, 60 % азота и 15 % гелия), регенеративный патрон, заряженный веществом О-3, редуктор, устройство автоматического включения постоянной подачи кислорода редуктором в дыхательный мешок на глубине 25 м, дыхательный автомат и дыхательную полумаску. Дыхание кислородом проводится только в период подъема с глубин от 25 до 0 м. На остальных глубинах для дыхания используется 25 %-ная КАГС.

В 1964 г. был выпущен кислородный изолирующий дыхательный аппарат ИДА-64, являющийся модификацией аппарата ЛВИ-57.

Дыхательные аппараты с замкнутой схемой дыхания, в том числе предназначенные для спасения подводников, используются для водолазных погружений на глубины до 20 м, выполнения работ в затопленных отсеках, обеспечения кислородной декомпрессии и лечения с применением гипербарической оксигенации (ГБО).

В 1970-х годах 40 ГосНИИ МО был разработан ряд аппаратов типа ИДА-72 с замкнутой (ИДА-71У и ИДА-72Д2) и полузамкнутой (ИДА-72, ИДА-72В и ИДА-72Д1) схемами дыхания.

Аппарат с ИДА-71У обеспечивает дыхание кислородом при погружении на глубины до 20 м, а в комплекте с баллоном, заполненным КАС, — до 40 м. Аппарат ИДА-72-Д2 входит в комплект водолазных барокамер для обеспечения дыхания водолаза в процессе кислородной декомпрессии и проведения гипербарической оксигенации.

В аппаратах с полужамкнутой схемой дыхания основное газоснабжение осуществляется с поверхности, а баллоны аппарата служат лишь резервным запасом ДГС. Аппараты ИДА-72 и ИДА-72В обеспечивают выполнение водолазных работ на глубинах от 0 до 200 м. Аппараты снабжены аварийным сигнализатором содержания кислорода и подогревателем ДГС. В комплекте с этим аппаратом снаряжение СВГ-200 было принято на снабжение глубоководных водолазных комплексов взамен водолазного снаряжения ГКС-3М, являвшегося переходным звеном от вентилируемого водолазного снаряжения к снаряжению с полужамкнутой схемой дыхания. Аппарат ИДА-72-Д1 предназначен для обеспечения компрессии в барокамере до давления, соответствующего 300 м вод.ст., и имеет специальное инжекторное устройство на выходном штуцере регенеративного патрона для снижения сопротивления дыхания на выдохе.

1.1.3. История создания водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания

Создание и развитие водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания тесно связаны с развитием подводного спорта и с необходимостью обеспечения спасательной службы более простым и надежным водолажным снаряжением по сравнению со снаряжением с замкнутой схемой дыхания. К недостаткам снаряжения с замкнутой схемой дыхания относятся:

- ограниченная глубина спуска (не более 20 м из-за токсического действия кислорода);
- большая опасность появления баротравмы легких, кислородного голодания, отравления кислородом и углекислым газом;
- необходимость тщательного отбора водолазов и продолжительная подготовка спусков под воду;
- пожаро- и взрывобезопасность.

Детали применяемого в настоящее время водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания имеют давнюю историю.

Одно из первых упоминаний о гидрокостюме сделано в 340 г. до н.э. Аристотелем. Роберт Вальтурий дал описание различных приспособлений водолазов, использовавшихся во времена Гая Юлия Цезаря (102-44 гг. до н.э.). Для непромокаемости одежда водолаза пропитывалась смолистыми растворами. Впервые о лицевой маске написал марокканский путешественник Ибн Батута в 1331 г. Он отмечал, что ловцы жемчуга в Персидском заливе перед нырянием надевали на лицо «нечто в виде маски из черепахового панциря», искусной шлифовкой доведенного почти по полной прозрачности. Лонардо да Винчи в 1490 г. сообщает, что ловцы жемчуга и кораллов в Индийском море употребляют при погружении стеклянные очки, наподобие тех, которые защищают в горах от «снежной слепоты». На одном из его рисунков изображен водолаз с маской и ее описанием: «Маска с выпуклыми стеклами на месте глаз, но ее вес должен быть таков, чтобы от твоего плавания она приподнималась».

Прототипом дыхательного аппарата являются заплечные кожаные мешки с воздухом, которые применялись даже в средние века, о чем сообщает, в частности, Роджер Бэкон (1214-1292 гг.). У Леонардо да Винчи имеются рисунки водолазного аппарата, причем устройство бурдюка с воздухом является секретной деталью аппарата и оборудовано устройством самоликвидации. Детальное изучение Р.А.Орбели манускриптов Леонардо позволило высказать предположение, что речь может идти о сжатом воздухе (за 150 лет до изобретения воздушного насоса Отто Герике). Водолазное снаряжение, эскизы которого были сделаны Леонардо да Винчи, было предназначено для спусков на глубины до 37 м.

История ласт также идет от Леонардо да Винчи. Он изобразил перчатки для плавания, напоминающие лапу водоплавающих птиц — с ребрами жесткости и перепонками между ними. В водолажном снаряжении Борелли впервые было предусмотрено нечто напоминающее ножные ласты. Знаменитый американский дипломат и естествоиспытатель Бенджамин Франклин (1706-1790 гг.) в детстве сделал из дощечек ручные и ножные ласты. Ручные ласты ускоряли плавание, но быстро вызывали усталость, а ножные оказались конструктивно неудачными. Знаменитый художник Поль Гоген (1848-1903 гг.) обратил внимание на то, что жители Таити при острожении рыбы надевают на ноги ласты из листьев пальмы или пандана. Через четверть века французский изобретатель и предприниматель Луи де Корье предложил ласты, «ножные рули», осуществив на практике идею Дж.Борелли. Он заменил листья резиной, изготовив в 1929 г. первый образец, а в 1936 г. наладил коммерческое производство. Во время 2-й мировой войны предприниматель из Лос-Анжелеса олимпийский чемпион-яхтсмен О.Черчилль, который, как и Гоген, познакомился с импровизированными ластами туземцев Таити, выкупил у Луи де Корье лицензию на ласты и после некоторых усовершенствований начал их широкое промышленное производство.

История создания нереализованных и прошедших испытания проектов снаряжения с открытой схемой дыхания идет с начала XIX века.

В 1805 г. врач-хирург военного флота США Дж.Фуллартон предложил очень сложное и практически нереализуемое автономное водолазное снаряжение (рис. 29). Оно представляло собой кожаный костюм с медным шлемом. В районе груди имелся обод для облегчения давления воды на грудную клетку. Туловище водолаза находилось в резервуаре из луженой меди, а ноги оставались свободными. При спуске костюм водолаза надувался сжатым воздухом. Водолаз дышал атмосферным воздухом из резервуара, периодически приводя в движение помпу двойного действия для накачивания свежего воздуха и выкачивания выдохнутого через одну и ту же трубку.

Другая неработающая модель водолазного снаряжения «Тритон» с устройством для сжатия воздуха под

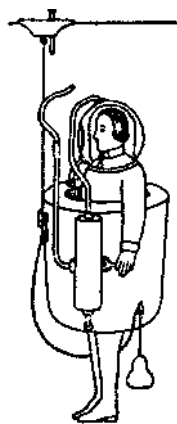


Рис. 29. Аппарат Д. Фуллартона



Рис. 30. «Тритон» Ф.Дриберга

водой была предложена в 1808 г. немецким изобретателем Фредериком Дрибергом (рис. 30). Снаряжение не имело костюма. Оно состояло из размещаемого на спине водолаза мешка с запасом воздуха и короны, надеваемой на голову. В мешке находились двойные мехи для сжатия подаваемого с поверхности воздуха. Мехи с помощью сложной системы рычажно-шарнирных передач соединялись с задней частью короны. Для обеспечения дыхания водолаз должен был непрерывно кивать головой.

В 1825 г. англичанин Уильям Джеймс создал автономное водолазное снаряжение, представлявшее собой закрытую рубашку и шлем из тонкой меди со смотровыми стеклами (рис. 31). Воздух поступал водолазу из металлического резервуара в виде цилиндрического пояса. К поясу также подвешивались грузы или мешки с дробью.

В 1827 г. французский изобретатель Жан-Батист Бодуэн испытал на

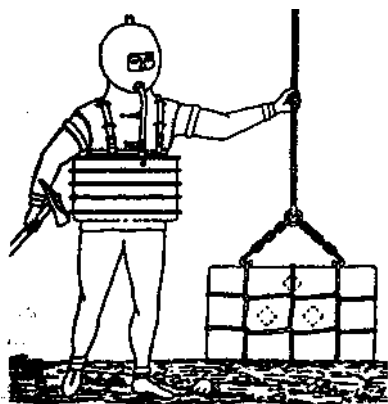


Рис. 31. Скафандр У.Джеймса

Сене одновременно со своей деревянной подводной лодкой разработанный им дыхательный прибор, в котором в шлем подавался воздух под давлением 10 кгс/см^2 в течение часа из двух металлических ящиков, закрепленных на спине.

В 1830 г. американец И. Кондерт успешно испытал изобретенный им герметичный костюм с резервуаром сжатого воздуха, но через 2 года он погиб при очередном испытании из-за несовершенства своей системы.

В 1830 г. директор спасательной компании Л. д'Ожервильс группой

водолазов испытал свой аппарат во время подъема ценностей с затонувшего корабля «Беллона». Аппарат состоял из медного за спинного баблона с воздухом, нагрудного дыхательного мешка с двумя медными спиральными трубками, соединявшимися с носовой полумаской. На грудь и спину навешивались свинцовые грузы.

В 1853 г. русский изобретатель Василий Вшивцев предложил оригинальный автономный водолазный аппарат с дыхательной трубкой, идущей от поплавка с поверхности, и клапанной коробкой с клапанами вдоха и выдоха (рис. 32). Впервые примененная клапанная коробка нашла развитие в последующих образцах снаряжения. Однако отсутствие

подачи сжатого воздуха и маятниковый тип дыхания определяли малую глубину погружения при использовании аппарата и затруднение дыхания водолаза под водой.

В 1863 г. американский конструктор К. Маккин получил патент на прототип акваланга. Аппарат состоял из герметичного резинового костюма, заспинного резервуара со сжатым воздухом, регулятора, подающего воздух водолазу, и маски. Маккин изобрел также компенсатор плавучести. Однако в разгар гражданской войны в США никто не заинтересовался его изобретениями.

В 1865 г. французы инженер Бенуа Рукейроль и морской офицер Огюст Денейруз создали водолазное снаряжение (рис. 33), в состав которого входил резервуар с запасом воздуха, расположенный на спине. Из него воздух поступал на дыхание при помощи автоматического клапана (легочного автомата), названного ими «аэрофором». Клапан автоматически подавал воздух на вдох под давлением, равным гидростатическому, с помощью мембраны, разделяющей вдыхаемый воздух и окружающую водную среду. Поскольку объем воздуха в резервуаре был мал, в последующих модификациях он использовался лишь в качестве резерва, а основная подача воздуха происходила по шлангу с поверхности. Это позволяло водолазу при необходимости сделать полный вдох независимо от надежности поступления воздуха с поверхности.

В 1925 г. в Советском Союзе был создан Центральный комитет спасения на водах, реорганизованный в 1931 г. в «Общество содействия развитию водного транспорта и охраны жизни людей на водных путях СССР» (ОСВОД). Деятельность этой организации — одного из центров по подготовке легководолазов-спасателей и легководолазов-общественников — положила начало развитию подводного спорта в нашей стране.

В 1925 г. французским изобретателем Фернезом было предложено снаряжение без шлема, состоящее из защитных очков, носового зажима и трубки с загубником, выходящей на поверхность. Через эту трубку подавался насосом воздух.

В 1926 г. Фернез и Ив Ле Приер на основе разработанного Фернезом снаряжения запатентовали автономный подводный аппарат, который состоял из баллона со сжатым воздухом, размещаемого на спине, шланга с загубником и манометра, а также водонепроницаемых очков и носового зажима. Аппарат предоставил водолазам свободу передвижения под

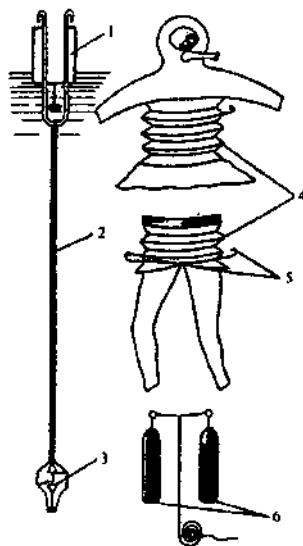


Рис. 32. Водолазный аппарат В. Вшивцева:

- 1 — полый металлический поплавок,
- 2 — дыхательная трубка,
- 3 — клапанная коробка с клапанами вдоха и выдоха,
- 4 — разъемная водолазная рубашка с металлическими обручами жесткости,
- 5 — крючки для подвески грузов,
- 6 — грузы



Рис. 33. Водолазное снаряжение
Рукейроля и Денейруза

водой и относительную безопасность. К недостаткам этого аппарата следует отнести то, что количество подаваемого воздуха регулировалось нажатием на шток клапана в зависимости от глубины погружения. Глубинупогружения ограничивали очки, не позволявшие выравнивать под ними давление, а время пребывания под водой (10 мин) определялось малым запасом воздуха, который расходовался неэкономно. Уже в 1928 г. в Средиземном море, у берегов Флориды и Калифорнии появились первые любители подводного плавания и подводной охоты (спортсмены-подводники) — пловцы-ныряльщики.

С 1927 г. в нашей стране применялась японская водолазная маска (рис. 34). Она использовалась на со-

вместных работах ЭПРОНа и японских водолазов по поиску на Черном море легендарного английского судна «Принц» у берегов Балаклавы. Снаряжение имело полумаску для глаз и носа, которая крепилась мягкими лямками и резиновыми жгутами. Воздух по шлангу подавался с поверхности на вдох при нажатии водолаза на рычажки зубами. Выдох происходил в воду через травящий лепестковый клапан. На пояс надевался облегченный груз.

В 1929-1930 гг. К.А.Павловский совместно с Е.М.Крепсом и С.И.Прикладовицким провели в водолазной школе ЭПРОНа и в г. Новороссийске исследования по определению характеристик японского водолазного снаряжения с целью совершенствования отечественной водолазной техники, в результате чего было разработано несколько образцов нового водолазного снаряжения (рейдовая маска, скафандры АПС, ОВС и др.).

С 1927 до 1947 г. обучение водолазному делу для военной службы и в плане подготовки для народного хозяйства кадров массовых технических профес- сий, имеющих военно-прикладное значение, было сосредоточено в Осоавиа- химе СССР, с 1948 по 1951 г. - в ДОС- ФЛОТе, а с 1951 г. - в ДОСААФе (в на-

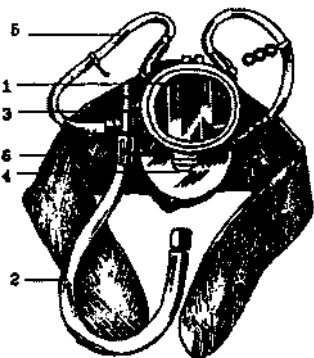


Рис. 34. Японская водолазная
маска:

- 1 — иллюминатор,
- 2 — воздушный шланг,
- 3 — клапан подачи воздуха,
- 4 - травящий лепестковый клапан,
- 5 — крепежные резиновые жгуты,
- 6 - мягкие лямки

стоящее время — РОСТО — Российское оборонное спортивно-техническое общество).

В конце 1920-х годов американский писатель Гай Гилпатрик при помощи замазки сделал водонепроницаемыми «очки-консервы» и, увидев подводный мир, высказал мысль о подводной охоте, а в 1938 г. выпустил первую книгу по подводному спорту «Наставление для ныряльщика».

В конце 1932 г. по инициативе В.И.Кронштадтского-Карева при Центральном совете Осоавиахима был организован Центральный опытно-показательный военно-учебный пункт для подготовки водолазов. Погружения проводились в самодельном снаряжении, сконструированном Е.Гинзбургом, — шланговом аппарате с открытой схемой дыхания воздухом (прототипе акваланга) и кислородном аппарате.

В 1933 г. Ив Ле Приер создал аппарат «Марк-II», в котором очки заменил маской, баллон был перемещен на грудь и вмещал вдвое больше воздуха, что обеспечивало пребывание под водой в течение 20 мин. Аппарат был снабжен редукционным клапаном, состоящим из двух камер, разделенных мембраной. Этот невозвратный клапан нуждался в ручной регулировке.

В 1938 г. француз Макс Форье запатентовал маску, закрывающую глаза и нос. Позже подобная маска стала называться полумаской (в отличие от маски, которая закрывает глаза, нос и рот). Прототипом маски Форье была маска Алексея Краморенко, жившего в Ницце. Он заменил очки маской для глаз, загерметизировал ее пористой резиной и разместил внутри маски резиновые подушечки с воздухом для компенсации давления. М.Форье принадлежит также патент на первую дыхательную трубку (шнорхель), которая вместе с маской открыла ныряльщикам и подводным пловцам доступ в подводный мир.

В 1943 г. французский изобретатель Жорж Коммейн усовершенствовал конструкцию аппарата Ле Приера, сделав автоматический невозвратный клапан, и погрузился в новом аппарате в районе Марселя на глубину 53 м. Однако работу довести до конца не удалось из-за гибели конструктора в войне на стороне Движения сопротивления Франции.

В июне 1943 г. капитан ВМС Франции Жак-Ив Кусто и инженер Эмиль Ганьян изобрели водолазное снаряжение с открытой схемой дыхания - акваланг. При этом были объединены аппарат Ле Приера и собственная конструкция легочного автомата с использованием идеи Рукейроля и Денейруза, но главное отличие заключалось в том, что этот легочный автомат автоматически (в зависимости от глубины погружения) регулировал давление сжатого воздуха, подаваемого водолазу только на вдох. Акваланг в сочетании с маской и ластами позволил погружаться на значительные глубины и автономно плавать под водой. Изобретение надежного и простого подводного дыхательного аппарата явилось началом нового века в подводных исследованиях, открыв широкий доступ в морские глубины не только водолазам-профессионалам, но и миллионам любителей подводного спорта.

В середине 1940-х годов в ВМФ поступил облегченный водолазный скафандр ОВСс гидрокомбинезоном, напоминающим гидрокомбине-

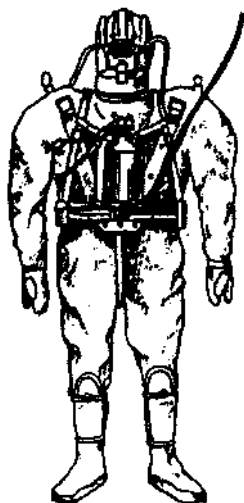


Рис. 35. Облегченный водолазный скафандр ОВС

зон снаряжения с замкнутой схемой дыхания (рис. 35). Управление подачей воздуха с поверхности на вдох водолаз осуществлял нажимом зубами на рычажки наподобие японской маски. Выдыхаемый воздух выходил не в скафандр, а через лепестковые клапаны в воду.

В 1956 г. 40 ГосНИИ МО были разработаны образцы облегченного водолазного снаряжения АПС, СВВ и СВВ-55 (рис. 36). Они явились как бы промежуточным звеном между вентилируемым снаряжением и снаряжением с открытой схемой дыхания. Эти образцы снаряжения имели шлем с полумаской, гидрокombineзон, нагрудный дыхательный автомат, заспинный резервный запас воздуха и облегченные водолазные галоши. Воздух по шлангу с поверхности поступал только на вдох или пополнялся с помощью ручного байпаса, а выдыхаемый воздух выводился непосредственно в водную среду. В связи с развитием производства аквалангов данные образцы снаряжения не получили широкого распространения.

В 1957 г. по техническому заданию Управления спасательной службы ЦК ДОСААФ СССР был разработан и запущен в серийное производство первый отечественный акваланг «Подводник-1» (АВМ-1) конструкции инженеров АИ. Солдатенкова и Ю.В. Китаева (рис. 37). Выпуск дыхательного аппарата на сжатом воздухе и другого спортивного подводного снаряжения открыл широкие возможности для массового развития подводного спорта в нашей стране. В дальнейшем появились его модификации АВМ-1М, «Подводник-2», АВМ-1М-2 и АВМ-4. К этому периоду относится начало бурного развития подводного спорта в нашей стране.

В мае 1957 г. при Центральном морском клубе ДОСААФ была создана первая Центральная секция подводного спорта, которая объединила секции Москвы, Ленинграда, Киева, Одессы и других городов.

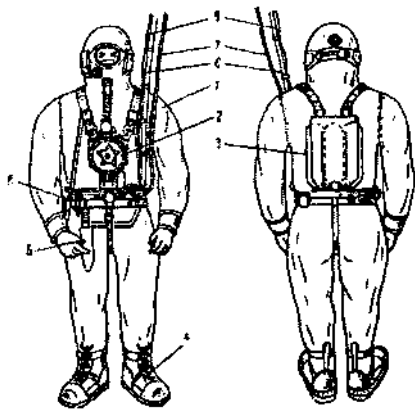


Рис. 36. Водолазное снаряжение СВВ-55:
1 - гидрокombineзон,
2 - дыхательный автомат,
3 - баллоны резервного запаса воздуха,
4 - водолазные галоши,
5 - водолазный нож,
6 - водолазный шланг,
7 - сигнальный конец,
8 - поясной ремень с нижним брасом,
9 - телефонный кабель

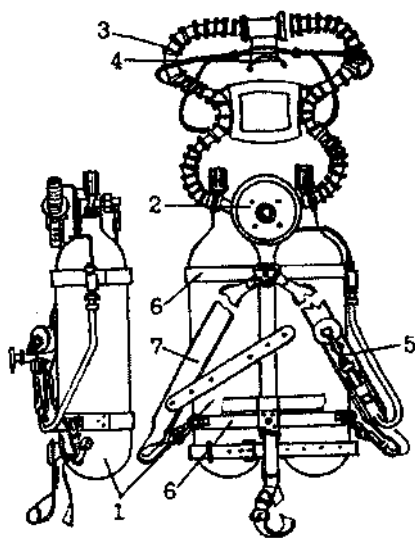


Рис. 37. Воздушно-дыхательный аппарат «Подводник-1» (АВМ-1):

- 1 — баллоны, 2 — дыхательный автомат,
- 3 — шланги вдоха и выдоха, 4 — загубник,
- 5 — манометр с указателем минимального давления, 6 — хомуты, 7 — комплект ремней

на основе существовавшей с 1952 г. Международной конфедерации спортивного рыболовства (СИПС). Учредительный съезд состоялся в Монако под председательством Жака-Ива Кусто, который был президентом этой организации до 1973 г. В настоящее время КМАС объединяет федерации более 50 стран. Практическая деятельность КМАС осуществляется 3 комитетами: спортивным, техническим и научным. При исполнительном бюро КМАС работают медицинская и юридическая комиссии. Федерация подводного спорта СССР была принята в члены КМАС в 1965 г.

В 1959 г. решением III Пленума ЦК ДОСААФ была создана Федерация подводного спорта СССР и проведен ее учредительный пленум, который избрал Президиум из 19 человек. Федерация и созданные при ее Президиуме различные комиссии (спортивная, техническая, медико-физиологическая и др.) возглавили работу по организации и развитию подводного спорта в нашей стране.

В 1960 г. подводный спорт был включен в Единую всесоюзную спортивную классификацию.

В 1960—1970-е годы в нашей стране были созданы аппараты с открытой схемой дыхания: автономные — АВМ-7, АВМ-8, автономно-шланговые — АВМ-3, АВМ-5, АВМ-6 и ВДА, а также шланговые — ШАП-40, ШАП-62, ШАП-77.

С 1958 г. ЦК ДОСААФ начал развивать подводное плавание в качестве одного из видов водного спорта и активного отдыха. Было принято решение создать в морских клубах ДОСААФ секции подводного спорта, явившиеся основными организациями по подготовке спортсменов-подводников, инструкторов-общественников и легководолазов для армии и флота.

В 1958 г. был принят к серийному производству автономный дыхательный аппарат «Украина» конструкции А.И.Гнамма. В этом же году в Крыму (местечко Карабах) состоялись первые всесоюзные личные соревнования по подводному спорту. В дальнейшем были выпущены аппараты «Украина-2», «Украина-5» и АСВ-2 («Юнга»).

11 января 1959 г. была создана Всемирная конфедерация подводной деятельности СМАС (КМАС)

В 1966 г. в США была основана Профессиональная ассоциация инструкторов подводного плавания PADI (ПАДИ) — наиболее мощная организация, которая контролирует более 75 % мирового рынка дайвинга и объединяет большинство дайверов мира, в том числе нашей страны.

В последние годы в нашей стране были созданы автономно-шланговые аппараты АВМ-9 и АВМ-12, шланговые аппараты ШАП-96, ШАП-2000, а также другие аппараты и комплекты снаряжения с открытой схемой дыхания.

1.2. Историческая справка о медицинском обеспечении водолазных спусков и развитии гипербарической физиологии

История развития водолазного дела свидетельствует о том, что одним из главных препятствий на пути к достижению значительного прогресса в деле освоения водной среды является непригодность ее для жизнедеятельности человеческого организма. Для того, чтобы обеспечить возможность относительно длительного пребывания человека под водой, требуется оградить органы дыхания от водной среды с помощью технических средств. При освоении водной среды, не совместимой в ее естественном виде с жизнью человека, используются различные образцы водолазного снаряжения, внутри которого сохраняется газовая среда, омывающая поверхности тела или только дыхательные пути.

Находясь под водой, человек подвергается воздействию целого ряда вредных и опасных факторов, включающих факторы гипербарической газовой среды, факторы, связанные с жизнедеятельностью в водолазном снаряжении, и факторы гипербарической водной среды. Действие этих факторов приводит к физиологическим сдвигам, а при определенных параметрах могут происходить патологические изменения в организме вплоть до летального исхода. По этой причине еще на заре развития водолазного дела имелось большое число тяжелых заболеваний водолазов и несчастных случаев, приводящих к инвалидности или гибели, которая могла наступить под водой или после выхода на поверхность.

Необходимость медицинского обеспечения водолазных работ для профилактики заболеваний и несчастных случаев с водолазами, а также для оказания квалифицированной и специализированной помощи при их возникновении особенно назрела после увеличения глубин погружения более 10—12 м, при которых возникает одно из самых тяжелых и наиболее часто встречающихся заболеваний — декомпрессионная болезнь. Внедрение в дальнейшем водолазного снаряжения с замкнутой, полузамкнутой и открытой схемами дыхания привело к значительному увеличению частоты случаев баротравмы легких, отравления углекислым газом и утопления, а также к появлению кислородного голодания и отравления кислородом. История развития водолазного дела свидетельствует о том, что до разработки безопасных режимов декомпрессии декомпрессионная болезнь была главным тормозом в достижении средних и больших глубин.

В 1729 г. в газете «Санкт-Петербургские ведомости» был опубликован первый русский научный трактат по водолазному делу «О водолазах», в котором были подняты технические и медицинские проблемы.

Быстрое развитие водолазного дела, введение с 1861 г. штатных водолазов на кораблях российского флота, значительное увеличение численности водолазов и увеличение глубин погружений привели к необходимости медицинского наблюдения за лицами, занятыми на водолазных работах.

В 1865 г. в Санкт-Петербурге был издан циркуляр № 12 Морского министерства России по отбору водолазов и врачебному контролю за водолазными спусками: «Избирать крепких матросов моложе 26 лет от роду с развитой грудью, свободным дыханием и без малейших признаков страданий; затем врач обязан был наблюдать, чтобы погружение под воду не совершалось вскоре после принятия пищи и чтобы в холодное время года водолаз не оставался бы долгое время в воде». Общие принципы медицинского отбора водолазов, приведенные в данном документе, сохраняют свою актуальность и в настоящее время: молодой возраст, хорошее физическое развитие, нормально функционирующие сердечно-сосудистая и дыхательная системы, ограничение спусков в зависимости от времени после приема пищи и от температуры воды.

Возросшая потребность флота в водолазах, необходимость введения единой системы обучения водолазов и медико-санитарного обеспечения водолазных спусков привели к созданию водолазной школы. Создание в 1882 г. водолазной школы в Кронштадте ознаменовало новый этап в развитии водолазного дела и водолазной медицины в нашей стране. В короткое время водолазная школа стала учебным и научным центром, объединившим научную мысль в области водолазного дела, физиологии и медицины водолазных погружений. Помимо обучения водолазов для флота преподаватели школы (флотские строевые офицеры и врачи) внесли большой вклад в дело дальнейшего развития водолазной техники, составления физиологических характеристик различных видов водолазного снаряжения и обоснования принципиальных положений гигиены, физиологии и медицины водолазных погружений.

В первые годы существования школы проводились сбор и обобщение материалов, накопившихся за предшествующие годы. К этому времени в России и за рубежом имелись отдельные публикации по этиологии, клинике и лечению некоторых водолазных заболеваний. В 1662 г. английский врач Геншоу применил деревянную барокамеру для лечения больных с патологией легких и пищеварительного тракта, положив начало гипербаротерапии. Знаменитый английский физик и химик Роберт Бойль (рис. 37) в 1670 г. предложил первую компрессионную камеру с воздушным насосом, впервые исследовал влияние сжатого воздуха на организм животных и обнаружил образование пузырька газа в глазе змеи при быстрой декомпрессии (аналогичное наблюдение было сделано в 1739 г. Ван Мусшенброком). В посмертной публикации 1680 г. итальянский священник и врач Дж.А. Борелли объяснял затруднение дыхания и удушье в условиях повышенного давления наличием «плотного и слиш-



Рис. 37. Роберт Бойль

были обобщены наблюдения за состоянием человека в условиях повышенного давления: влияние на уши, удушье от порчи воздуха и кровотечения, а также высказана мысль о том, что при повышении окружающего давления увеличивается насыщение кислородом крови, проходящей через легкие. В 1826 г. швейцарский врач Колладон издал в Париже работу «Сообщение о спусках под воду в водолазном колоколе», где описал свои ощущения во время спусков: боли в ушах при погружении, а во время пребывания на грунте — такое ощущение, «как будто выпил какого-нибудь крепкого ликера». В 1820 г. работавший в России врач Гомель впервые представил данные самонаблюдений и наблюдений за работающими в водолазном колоколе, а также сведения о заболеваниях кессонных рабочих декомпрессионной болезнью. В 1835 г. французский врач Т.Жюно впервые обратил внимание на то, что при действии сжатого воздуха «функции мозга активизировались, фантазии оживлялись, мысли имели необычное очарование, у некоторых возникали симптомы интоксикации». При этом облегчалось дыхание, учащался пульс, возникали неприятные ощущения от втягивания барабанных перепонки, усиливалась функция пищеварения и почек, увеличивалось слюноотделение. В 1836 г. Правац предпринял первую и успешную попытку практического применения сжатого воздуха для лечения больных с различными формами анемии, что нашло отражение в его диссертации. В 1845 г. французский профессор Труссар проанализировал результаты применения кессона Трюке в работе «Отчет о колодезях со сжатым воздухом», где содержится одно из первых физиологических наблюдений состояния человека в условиях повышенного до 3 кгс/см^2 воздуха: увеличение продолжительности задержки дыхания, усталость при выполнении работ, а также наличие «сильных болей в сочленениях у рабочих в продолжение нескольких часов по выходе из кессона». В 1854 г. французские врачи Б.Поль и Т.Ваттель выделили в отдельную нозологическую единицу распространенное заболевание водолазов, назвав его «кессонной болезнью». В 1857 г. независимо друг от друга Хоуп и П.Гоппе-Зейлер наблюдали появление

ком сжатого воздуха». Он опасался, что в сжатом воздухе могут быть растянуты и разорваны «окончания бронхов и нежные Мальпигиевы пузырьки», а также того, что дыхание будет совершаться с большим трудом вследствие очень большого сопротивления окружающего воздуха. В 1780 г. французский врач Шосье впервые применил кислород с лечебной целью. В 1793 г. французские ученые К.Дюма и затем (в 1797 г.) А.Фуркруа экспериментально установили токсическое действие чистого кислорода при нормальном атмосферном давлении на легкие. В 1808 г. Бризе Фраден опубликовал работу «Химия воздуха в приложении к работам под водой», в которой

газовых пузырьков в сосудах животных после быстрой декомпрессии. В 1860-е гг. в России появились первые лечебные барокамеры. В 1861 г. немецкий физик Бюккуа заявил, что во время и после разрежения все газы, растворенные в крови под влиянием давления в избыточном количестве, будут стремиться освободиться из нее тем сильнее, чем значительнее было перенесенное давление и чем оно было продолжительнее. В 1861 г. Дж.Б.Грин описал ощущение сонливости при спусках водолазов, сопровождающееся галлюцинациями и ухудшением умственной деятельности. В 1862 г. А.О.Католинский защитил в Санкт-Петербурге диссертацию «О действии разреженного и сгущенного воздуха на организм человека и применение сжатого воздуха к лечению болезней». В 1863 г. французский врач Фолей систематизировал результаты наблюдений за рабочими кессонов в статье «О работе в сжатом воздухе»: сдвиг тембра звуков в сторону более высоких тонов, усиление костной проводимости звуков, ослабевание пульса и кровообращения, синюшность тканей, увеличение емкости легких, уменьшение экскурсии ребер, меньшая усталость по сравнению с работой вне кессона, уменьшение одышки при работе и др. В 1869 г. П.Н.Смирнов защитил диссертацию «Материалы к изучению действия сгущенного воздуха на организм человека». В 1869 г. в Санкт-Петербурге на Васильевском острове А.Н.Симоновым основана «пневматическая лечебница», которая располагала двумя железными барокамерами (каждая на 4 человека) и одной «каменной», состоящей из двух комнат и вмещающей 10 человек. Давление воздуха в барокамерах поднималось до 1,6-1,7 кгс/см². В 1873 г. Бибиков исследовал токсическое действие кислорода, хирург А.Смит применил лечебную рекомпрессию при декомпрессионной болезни, Георгиевский опубликовал статью «Об изменениях сердечной деятельности под влиянием работ в кессонах», в которой выявил гипертрофию сердца и ее зависимость от стажа работы. В 1873-1876 гг. российский физиолог И.Р.Тарханов (рис. 39) установил различие в действии высоких парциальных давлений кислорода на целостный организм и на изолированные его ткани, что способствовало формированию представлений о механизме отравления кислородом.

В 1875 г. П.С.Качановский исследовал влияние сжатого воздуха на организм, а также физиологические характеристики водолазного снаряжения и оборудования. В 1878 г. в российском «Военно-медицинском журнале» была опубликована статья Фельтца о патогенезе кессонной болезни. В 1878 г. французский ученый Поль Бер (рис. 40) опубликовал книгу «Барометрическое давление», которая явилась основополагающим исследованием физиологического воздействия повышенного давления на человека. Он установил смертель-



Рис. 39. И.Р.Тарханов



Рис. 40. Поль Бер



Рис. 41. И.М. Сеченов

ную опасность дыхания чистым кислородом под давлением более 2 кгс/см^2 , определил причины декомпрессионной болезни и указал пути ее предотвращения. В 1879 г. И.М.Сеченов (рис. 41) открыл закон постоянства парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе и зависимость между его концентрацией в выдыхаемом воздухе и минутным объемом дыхания.

В 1881 г. вышла работа П.С.Качановского «Водолазные аппараты и водолазные работы в гигиеническом отношении». В 1881 г. В.В.Пашутин (рис. 42) впервые предложил термин «кислородное голодание» и дал классификацию заболевания, а в 1887 г. подтвердил открытый в 1852 г. Н.И.Пироговым феномен растворения азота в крови.

С 1884—1885 гг. в Кронштадтской водолазной школе были широко развернуты научные исследования и разработка учебных пособий. В 1884 г.



Рис. 42. В.В.Пашутин

врач водолазной школы М.Н.Храбростин составил «Пособие ученикам водолазной школы к изучению обращения с водолазными принадлежностями», которое включало разделы: «О водолазных принадлежностях», «О дыхании» и «Элементарные сведения из физики». В 1886 г. разработаны «Правила обращения с водолазными аппаратами и о технических обязанностях водолазов и правилах ухода за заболевшими водолазами при водолазных работах». В 1891 г. вышло «Пособие по водолазному делу», а в 1898 г. - его второе издание, дополненное разделом «Физика, анатомия, физиология и гигиена водолазного дела», который был составлен старшим врачом

водолазной школы Н.А.Есиповым. Это было фактически первое медицинское руководство, рассчитанное на молодых матросов-водолазов. Кроме того, в нем давались дополнительные сведения для офицерского состава, руководящего водолазными работами.

В конце XIX — начале XX веков в нашей стране и за рубежом продолжались исследования, технические разработки и появлялись публикации, имеющие непосредственное отношение к гипербарической физиологии и водолазной медицине. В 1893 г. врач водолазной школы Ф.И.Шидловский (рис. 43) разработал травящий клапан водолазной рубахи, который до настоящего времени является неотъемлемой частью водолазного снаряжения.

В 1893 г. фирмой «Пирсон» в Лондоне изготовлены первые рекомпрессионные камеры, одна из которых использовалась Эрнестом Мойром при выполнении кессонных работ во время строительства туннеля на реке Гудзон.

В 1895 г. англичанин доктор медицины Джон Скотт Холдейн (рис. 44) показал возможность выживания в атмосфере повышенного до 3 кгс/см^2 чистого кислорода подопытных животных, гемоглобин которых был полностью блокирован окисью углерода. В 1897 г. российским исследователем Н.Цунцем был предложен способ дыхания кислородом при декомпрессии для ее ускорения. В

1899 г. русский ученый И.О.Свионтецкий ежедневно в течение 17 суток помещал кроликов в барокамеру под давление 15—20 м вод.ст. для исследования причин анемии у кессонных рабочих. В 1899 г. Г.Мейер и позднее (в 1901 г.) Е.Овертон установили, что всякое вещество, инертное в химическом отношении, но растворимое в жирах и липоидах, является наркотиком. Это положение в дальнейшем было использовано Н.В.Лазаревым (1941 г.) и другими исследователями для объяснения механизма наркоза, вызываемого индифферентными газами под повышенным давлением. В 1901 г. в России была создана специальная комиссия по «выработке специальных мер для предупреждения кессонных заболеваний», которую возглавили профессора С.И.Залесский и В.А.Алибов. В 1906 г. Джон Скотт Холдейн научно обосновал и составил рабочие водолазные таблицы декомпрессии, обеспечивающие безопасный подъем водолазов



Рис. 43. Ф.И.Шидловский

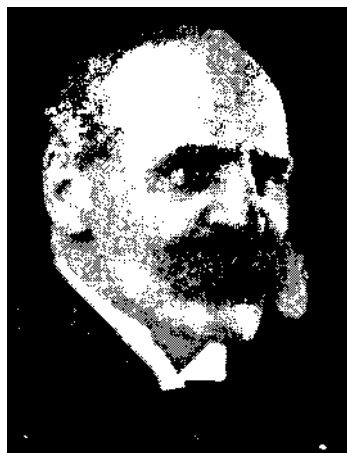


Рис. 44. Джон Скотт Холдейн



Рис. 45. С.В.Сакович

на поверхность, а в 1908 г. опубликовал с соавторами таблицы ступенчатой декомпрессии, официально принятые затем во многих странах, что привело к широкому развитию водолазного дела. Именно эта работа, финансируемая английским адмиралтейством, открыла новую эру в подводной физиологии — эру формирования комплексных коллективов для изучения фундаментальных основ гипербарической физиологии и практического развития водолазной медицины на основе планового государственного, ведомственного и коммерческого финансирования. С этого времени наступает наиболее важный период, когда во всех развитых странах подводные операции становятся неотъемлемой частью промышленного производства и современной войны. Решать эти задачи можно было только на основе научного метода повышения безопасности водолазного труда, резко увеличения его рентабельности, глубины и длительности пребывания человека под водой.

В 1907 г. русский ученый Емельянов отметил прямую взаимосвязь между глубиной погружения, выделением углекислого газа и потреблением кислорода. В 1907 г. Х.М.Верной доказал высокую растворимость азота в жирах, что впоследствии заставило думать об этом газе как о наркотике. В 1909 г. Чишевский впервые применил кислород для ускорения декомпрессии при кессонных работах, а в 1910 г. русский военно-морской врач С.В.Сакович (рис. 45) впервые использовал кислородную декомпрессию при водолазных работах по подъему подводной лодки «Камбала», затонувшей на глубине 60 м.

В 1913 г. русский ученый А.А. Гуца поставил опыты на кроликах, которые ежедневно в течение 7—8 суток помещались в барокамеру под давление 25 м вод. ст. для изучения влияния повышенного давления на состав крови. В 1914 г. Бриджмен показал, что белковые вещества претерпевают под давлением 5000—7000 кгс/см² изменения, похожие на изменения, вызываемые высокой температурой, при снижении давления «коагуляция белка» была обратимой. В том же году У.Эббеке обнаружил у спинальной лягушки состояние «механонаркоза»: отчетливо заметные при 150-250 кгс/см² ритмические спазматические движения конечностей, при давлении 300 кгс/см² обратимый паралич, а при больших давлениях — необратимый. В 1918 г. врач водолазной школы В.П.Аннин (рис. 46) предложил классификацию профессиональных заболеваний, разделив их на несколько групп в соответствии с клиникой и тяжестью проявления болезней. Он впервые поставил вопрос об изучении отдаленных (сроком 5-10 лет) последствий водолазного труда, проводил обследование состояния здоровья водолазов, которое выявило высокий процент сердечно-сосудистых заболеваний и изменения костного аппарата.



Рис. 46. В.П.Аннин

Начало 1930-х годов ознаменовалось новым подъемом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области водолазного дела и водолазной медицины на базе созданного в 1923 г. ЭПРОНа и Военно-медицинской академии (ВМедА). В мае 1930 г. ЭПРОН через Военно-санитарное управление РККА поручил ВМедА исследование вопроса о кожном дыхании водолазов в скафандрах и других проблем. В то же время продолжались подобные работы и за рубежом.

В докладе за 1930 г. первый начальник ЭПРОНа Л.Н.Захаров (Мейер) сообщал: «...Вопрос о том, следует ли водолазов вербовать только из людей высокого роста и плотного телосложения, я считаю в сильной степени дискусионным, имея в виду, что техника водолазного дела идет вперед и на первую

сцену выдвигают интеллектуальные качества, и новые водолазы, будучи вооружены усовершенствованным водолазным снаряжением и механизированными средствами для производства работ под водой, несомненно перешагивают рослых и здоровых, но менее развитых водолазов».

11.03.1931 г. на базе Технического управления Наркомата ВМФ была создана Постоянная комиссия по аварийно-спасательному делу во главе с академиком Л.А.Орбели (рис. 47) с участием сотрудников кафедры физиологии ВМедА (Крепе Е.М., Прикладовицкий С.И., Кравчинский Б.Д., Шистовский С.П., Жиронкин А.Г., Жижинов В.Г., Дионесов С.М.), специалистов ЭПРОНа (Павловский К.А., Шпакович Ф.А.) и Краснознаменного учебного отряда подводного плавания (Шабельский И.П., Выхребенцев И.И., Иванов Б.А., Кийко С.П.) для решения вопросов освоения больших глубин и спасения подводников из затонувших подводных лодок.

В 1931—1933 гг. на кафедре физиологии ВМедА с помощью ЭПРОНа было установлено несколько барокамер с рабочим давлением до 10 кгс/см².

В 1931—1937 гг. на Черном море водолазы ЭПРОНа выполнили рекордные погружения на глубины от 84 до 137 м в вентилируемом снаряжении с использованием для дыхания воздуха. Спуски были проведены под руководством начальника Военно-морского водолазного техникума Ф.А.Шпаковича и главного врача ЭПРОНа К.А.Павловского (рис. 48) по режимам



Рис. 47. Л.А.Орбели



Рис. 48. К.А.Павловский



Рис. 49. Е.М.Крепс

декомпрессии, разработанным Л.А.Белецким и К.А.Павловским.

В 1932 г. Л.Хилл и А.Е.Филлипс впервые подробно описали наркоз, возникающий при действии сжатого воздуха на глубинах 82-105 м. Г.Даман, ранее (в 1930 г.) описавший случаи нарушения психической деятельности и потери сознания у водолазов при работе на глубине 100 м, полагал, что эти расстройства вызваны действием кислорода или какими-то вредными веществами, содержащимися в воздухе.

В 1932 г. Б.Х.Адамс и И.Б.Поллак в опытах на животных показали, что причиной «кессоноподобной болезни» является травма легочной ткани с развитием «травматической газовой эмболии».

В 1935—1937 гг. в районе Балаклавы под руководством Л.А.Орбели с участием Е.М.Крепса (рис. 49), К.А.Павловского и Ф.А.Шпаковича были проверены ускоренные режимы декомпрессии после спусков на глубины 50 и 60 м с выдержкой 30 мин. Эти режимы предназначались для выхода подводников из аварийной подводной лодки. Подъем испытуемых производился в аппарате Э-3 при дыхании кислородом со скоростью 15 м/мин.

В 1935-1937 гг. К.А.Павловский, Л.А.Орбели и Е.М.Крепс в одно время с американцем А.П.Бенке описали наркотическое действие азота под давлением и определили барьер водолазных спусков на воздухе в 60 м.

В 1936 г. Е.М.Крепе, К.А.Павловский, Е.А.Ченыкаева и М.О.Прайс в опытах на кошках изучали действие на организм 20 % КГС под давлением до 8 кгс/см² и установили безвредность КГС.

В 1936 г. сотрудники кафедры физиологии ВМедА Б.Д.Кравчинский и С.П.Шистовский разработали режимы выхода из затонувшей подводной лодки и «Наставление по технике и режиму выхода людей из погруженной подводной лодки и обратного входа в нее». Методика и режимы выхода были проверены в Балаклавской бухте при участии водолазного специалиста В.П.Максименко, водолазов-инструкторов Б.Е.Соколова, Н.Н.Солнцева, Б.А.Иванова, Л.Ф.Кобзаря, И.И.Выскребенцева и флотских водолазов Б.М.Лебедева, И.Т.Чертана, П.К.Спаи, В.Г.Хмелика, Н.А.Максимца и др.



Рис. 50. М.П.Бресткин

положили начало широкому изучению проблемы глубоководных водолазных спусков с применением КГС для дыхания.

В 1939 г. на кафедре нормальной физиологии Военно-морской медицинской академии (ВММА) Н.А.Кривошеенко начал читать курс специальной физиологии (водолазной медицины), и в том же году под руководством академика К.М.Быкова и профессора В.Н.Черниговского в ВММА были организованы фундаментальные и прикладные исследования по гипербарической физиологии и водолазной медицине.

В 1940 г. была создана специальная баролаборатория на кафедре физиологии ВМедА. Ее основным оборудованием стала барокамера с гидротанком для проведения исследований под давлением до 20 кгс/см². Возглавил лабораторию военврач 2 ранга М.П.Бресткин. Баролаборатория долгое время была основной базой изучения действия высоких давлений искусственных газовых смесей и водной среды на организм человека. И.И.Выскребенцев, Б.А.Иванов, С.П.Кийко, Н.В.Соловьев и инженер баролаборатории А.А.Василюк разработали и изготовили специальный автономный аппарат, который применялся при спусках водолазов в барокамере и первых спусках в морских условиях. Под руководством ЛАОрбели сотрудники кафедры физиологии С.И.Прикладовицкий, БД.Кравчинский, А.Г.Жиронкин, В.Г.Жижинов и главный врач ЭПРОНа КАПавловский провели обстоятельное изучение токсического действия на организм углекислого газа и кислорода. Они определили нормы безопасного времени дыхания кислородом при различных давлениях и разработали сокращенные режимы декомпрессии с применением дыхания кислородом на конечных остановках декомпрессии. БД.Кравчинским и С.П.Шистовским были разработаны режимы декомпрессии водолазов для спуска на глубины до 200 м с использованием для дыхания КГС и проведены первые имитационные спуски под этим давлением. Тем самым впервые в мире человеком была достигнута небывалая для того времени «глубина» 200 м в условиях сухой барокамеры с использованием индивидуального спасательного аппарата ИСА. Группа научных сотрудников ВМедА и Постоянной комиссии по аварийно-спасательному делу (Бресткин М.П., Павловский КА, Жиронкин А.Г., Голодов И.И., Соловьев Н.В. и Василюк АА) нача-

В 1938-1939 гг. под руководством Л.А.Орбели при участии К.А.Павловского, М.П.Бресткина (рис. 50) и Б.Д.Кравчинского в Балаклаве были проведены экспериментальные спуски водолазов Б.Е.Соколова, Н.Н.Солнцева, Б.А.Иванова, А.Ф.Кобзаря и И.И.Выскребенцева с использованием для дыхания сжатого воздуха и КГС. Было подтверждено, что расстройств, появляющиеся у водолазов при спусках на глубины до 120 м, обусловлены наркотическим действием азота, так как при использовании во время последующих спусков КГС водолазы на глубинах до 157 м не отмечали никаких отклонений от нормы. Эти спуски



Рис. 51. Н.В.Лазарев

ли работу по применению в водолазном снаряжении газового инжектора, который позволил соединить преимущества вентилируемого снаряжения и экономный расход дорогостоящего газа гелия. В 1941 г. этим коллективом были выполнены спуски водолазов при дыхании КГС на глубины до 130 м в гидротанке барокамеры. Провести спуски на глубины до 200 м помешала начавшаяся война.

В 1940 г. на кафедре нормальной физиологии ВММА был введен курс спецфизиологии, начата систематическая подготовка врачей-специфизологов (водолазных врачей) для ВМФ.

В 1940 г. К.А.Павловский написал учебник для водолазного техникума «Гигиена и физиология спусков под воду в различном водолазном снаряжении», переизданный в 1943 г., в котором освещены организация водолазных спусков, санитарно-гигиенические условия работы в водолазном снаряжении, предупреждение заболеваний водолазов и оказание первой помощи.

В 1941 г. Н.В.Лазарев (рис. 51) провел исследования по биологическому (токсическому) действию индифферентных газов под давлением на организм животных. Вышла его книга «Биологическое действие газов под давлением», ставшая настольной для всех последующих поколений барофизиологов не только в нашей стране.

В 1943—1944 гг. А.В.Риккль и Н.М.Кривошеенко исследовали причины отравления водолазов углекислым газом, кислородного голодания и методы их профилактики.

В 1943—1945 гг. Н.К.Кривошеенко исследовал патогенез, профилактику и лечение баротравмы легких у водолазов. 40 НИИ МО разработаны «Правила водолазной службы», части 1—5.

В 1944 г. Н.В.Лазарев и Л.Н.Курбатов провели исследования патогенеза декомпрессионной болезни, В.А.Алексеев выполнил исследования по обоснованию режимов кислородной декомпрессии и мер профилактики кислородного голодания, Э.М.Гальперин провел исследования по изучению поражения водолазов подводной взрывной волной, И.И.Савичев разработал пособие для врачей по медицинскому обеспечению водолазных работ.

В 1947 г. А.В.Риккль и Н.К.Кривошеенко установили закономерности изменений условнорефлекторной деятельности у собак, возникающих под влиянием повышенного давления воздуха и кислорода.

В 1949 г. Б.В.Лазарев-Станищев и Н.К.Кривошеенко разработали «Инструкцию по медицинскому отбору кандидатов для обучения водолазной специальности и по переосвидетельствованию водолазов Военно-Морских Сил».

В 1949—1952 гг. И.И.Савичев провел исследования на животных и с участием испытуемых по влиянию на организм газовых смесей, содержащих водород, в условиях повышенного давления.

В 1950–1971 гг. были проведены физиологические исследования, направленные на обоснование мер профилактики и этиопатогенетического лечения декомпрессионной болезни (Граменицкий П.М., 1967), исследование физиологического и токсического действия кислорода (Жиронкин А.Г., Панин А.Ф., Сорокин П.А., 1965), исследование патогенеза гипоксической гипоксии (Говоров А.И., Панин А.Ф., 1971), исследование патогенеза гиперкапнии (Сулимо-Самуйло З.К., 1971).

В 1951 г. З.С.Гусинский, В.В.Смолин, Б.И.Иванов на Черном море и Н. К. Кривошеейко, И. А. Александров, И.И.Выскребенцев на Каспийском море провели экспериментальные глубоководные спуски с целью внедрения нового метода глубоководных водолазных спусков с использованием водолазного снаряжения ГКС-3 и спускоподъемного устройства закрытого водолазного колокола в водолазную практику ВМФ. На Черноморском флоте и Каспийской флотилии было проведено 700 спусков и достигнута глубина 220 м. Режимы декомпрессии на КГС требовали корректировки, так как при декомпрессии были случаи заболевания водолазов декомпрессионной болезнью.

В 1951 г. В.И.Тюрин и Г.Л.Залыщан разработали единые водолазные таблицы для декомпрессии водолазов при спусках с использованием для дыхания воздуха и кислорода.

В 1952 г. была образована кафедра спецфизиологии В ММ А, впоследствии переименованная в кафедру физиологии подводного плавания и аварийно-спасательного дела. Начальниками кафедры в разное время были: доцент, полковник медицинской службы Е.Э.Герман (1952—1967 гг.), профессор, генерал-майор медицинской службы И.А.Сапов (1967—1988 гг.), профессор, полковник медицинской службы Л.Г.Медведев (1988—1993 гг.), профессор, полковник медицинской службы В.И.Кулешов (с 1993 г.). Кроме обычного лекционного курса, семинаров и лабораторных занятий на кафедре предусматривалось изучение основных типов водолазного снаряжения, спасательного снаряжения подводников и аварийно-спасательных устройств подводных лодок. Кроме того, отрабатывались задачи по курсу подготовки подводников, проводились водолазные спуски в различных типах снаряжения в бассейнах, гидротанках и на открытых акваториях.

В 1952 г. В.В.Смолин и Н.Т.Коваль разработали режимы и методику выхода подводников из аварийной подводной лодки в снаряжении ИДА-51 с глубин до 200 м. Н.К.Кривошееенко, И.А.Александров и И.И.Выскребенцев провели экспериментальные спуски водолазов в снаряжении ГКС-3 на глубину 255 м.

В 1952—1955 гг. сотрудниками кафедры спецфизиологии ВММА были установлены закономерности изменений условнорефлекторной деятельности, возникающих под влиянием повышенного давления газовой среды: секреторной (Артемьев С.А., 1952), двигательной и эвакуаторной (Мясников А.П., 1954), функции желудка и почек (Лапшин Н.А., 1952), системы крови (Береза А.Л., 1952), кровообращения (Фокин А.П., 1954), биохимические аспекты отравления кислородом (Грачев Л.И., 1954).

В 1953 г. Н.К.Кривошеенко, В.В.Смолин, Н.Т.Коваль и Б.А.Иванов провели опытовое учение на Северном флоте по выходу подводников из погруженной подводной лодки с глубины 100 м и из водолазного колокола с глубины 200 м по разработанным режимам выхода.

В 1954 г. И.И.Кузнецов разработал «Руководство для водолаза», содержащее медицинский раздел.

В 1955 г. вышел первый «Учебник специальной физиологии» под редакцией Е.Э.Германа, в создании которого кроме него принимали участие В.К.Абросимов, В.А.Алексеев, С.Е.Буленков, Н.А.Зимкин, Н.Т.Коваль, Б.В.Лазарев-Станищев, Н.А.Лапшин, С.В.Миропольский и И.И.Савичев.

В 1955—1972 гг. продолжались исследования, посвященные проблемам гипербарической физиологии и водолазной медицины: исследование функции всасывания в кишечнике (Ромашкин-Тиманов В.И., 1955), определение изменений биоэлектрической активности головного мозга (Алексеев В.А., 1957), исследование механизма удерживания индифферентного газа организмом в состоянии пересыщения (Зараковский Г.М., 1957), обоснование мер профилактики и патогенетического лечения декомпрессионной болезни и баротравмы легких (Бухарин А.Н., 1958; Полумисков Ю.М., 1954; Назаркин В.Я. и Юнкин И.П., 1969), влияние на развитие декомпрессионной болезни температуры окружающей среды (Аверьянов В.А., 1962) и чередующейся подачи гипоксических и гипероксических КАС (Юнкин И.П., 1966), исследование функций дыхания и кровообращения (Граменицкий П.М., Сорокин П.А., 1964), исследование функций пищеварительных желез (Артемьев С.А., 1959, 1963, 1969), исследование адаптации человека к повторным воздействиям сжатого воздуха (Нессирио Б.А., 1964; Аверьянов В.А., 1964), установление неврологических проявлений декомпрессионной болезни и способов их терапии (Елинский М.П., 1971), обоснование мероприятий медицинского обеспечения водолазных работ (Мясников А.П., 1967, 1977).

В 1956 г. В.В.Смолин разработал режимы и методику декомпрессии для спуска водолазов в снаряжении ГКС-3 на глубины до 300 м, после чего Н.К.Кривошеенко, В.В.Смолин, С.Е.Буленков, Н.Т.Коваль, И.И.Выскребенцев и Б.А.Иванов впервые провели на Каспийском море экспериментальные водолазные спуски на глубину 305 м (за 6 лет до спуска на такую глубину Г.Келлера). Непосредственно в спусках участвовали водолазы Д.Д.Лимбенс, П.Я.Поражевский, В.С.Шалаев, А.Л.Ковалевский, В.С.Курочкис и др. Было установлено, что при быстрой компрессии водолазы на глубине 300 м при сохранении сознания, памяти, внимания и ориентировке во времени и пространстве не могут выполнять физическую работу. При этом В.В.Смолиным впервые зарегистрирован на ЭКГ мышечный тремор.

В 1956 г. Н.А.Клименко, Н.К.Кривошеенко, Ф.А.Шпакович и Т.И.Бобрицкий разработали «Учебник водолаза» для подготовки водолазов и старшин ВМФ, в котором Н.К.Кривошеенко в одной из глав изложил специфические заболевания водолазов, их предупреждение, оказание первой помощи и лечение.

В 1958 г. в Институте эволюционной физиологии и биохимии им. И.М.Сеченова была организована лаборатория физиологии организма в экстремальных условиях, которой с 1964 г. руководил Г.Л.Зальцман, затем И.А.Александров и по настоящее время И.Т.Демченко. Лаборатория оснащена уникальным гипербарическим комплексом КИЖ-100 для исследований на животных под давлением до 100 кгс/см² и рядом других современных исследовательских барокамер для животных.

В 1958 г. С.Е.Буленков, И.А.Александров и В.В.Смолин разработали «Правила водолазной службы (ПВС-58)».

В 1958-1960 гг. Г.Л.Зальцманом, И.Д.Зиновьевой и С.Д.Куманичкиным разработаны методики водолазных спусков на глубины до 40 м с использованием для дыхания 40 %-ной кислородно-азотной смеси (40 % КАС) и спусков на глубины до 160 м с использованием для дыхания воздушно-гелиевых смесей.

В 1959 г. было издано «Руководство по организации занятий подводным спортом в морских клубах и первичных организациях ДОСААФ».

В 1961 г. В.В.Смолин, И.А.Александров, Ю.К.Павловский и В.А.Вишняков разработали «Наставление по выходу подводников из затонувшей подводной лодки в снаряжении ИСП-60 методом свободного всплытия и подъема по буйрепу с глубин до 100 м».

В 1961 г. Г.Л.Зальцман написал монографию «Физиологические основы пребывания человека в условиях повышенного давления газовой среды», а в 1979 г. вышла книга Г.Л.Зальцмана, Г.А.Кучук и А.Г.Гургенидзе «Основы гипербарической физиологии».

В 1961-1964 гг. В.В.Смолиным, В.А.Вишняковым и В.Г.Сорокиным были разработаны методики водолазных спусков на глубины до 60 м с использованием для дыхания дифференцированных кислородно-азотных смесей и для спусков на глубины до 160 м с использованием для дыхания дифференцированных кислородно-азотно-гелиевых смесей.

В 1962 г., через 6 лет после рекордного спуска на глубину 305 м в нашей стране, этой же глубины в Калифорнийском заливе достиг 26-летний швейцарский преподаватель математики Ганс Келлер, применяя разработанные совместно с профессором физиологии Альбертом Бюльманом методы и таблицы погружения и ускоренного подъема. Во время спуска и подъема Г.Келлера и его напарника журналиста Питера Смолла для дыхания использовались четыре различные газовые смеси, пропорциональный состав газов в которых менялся с глубиной погружения. Еще на грунте из-за утечки газовой смеси положение водолазов стало катастрофическим. П.Смолл потерял сознание, а затем, после закрытия крышки входного люка водолазного колокола, потерял сознание и Г.Келлер. При подъеме была установлена негерметичность водолазного колокола из-за попавшего под крышку люка кончика ласта. При устранении негерметичности водолазного колокола на глубине 60 м, пытаясь спасти жизнь Келлеру и Смоллу, погиб водолаз Кристофер Уиттекер. П.Смолл не приходя в сознание, скончался еще до окончания декомпрессии отдекомпрессионной болезни. Придя в себя, Келлер первым делом ставил в атмосферу секретные газы из баллонов.

В 1963 г. В.В.Смолин, З.С.Гусинский и В.А.ВИШНЯКОВ выпустили учебник «Основы спасения личного состава из аварийной подводной лодки» для Училища подводного плавания.

В 1964 г. С.Е.Буленков, И.А.Александров, В.В.Смолин, В.А.Вишняков и Г.М.Соколов подготовили «Правила водолазной службы (ПВС-64)».

В 1965 г. вышли «Единые правила охраны труда на водолазных работах», содержащие раздел о медицинском обеспечении водолазных спусков.

В 1966 г. советские биологи Е.Н.Грузов, М.В.Пропп и А.Ф.Пушкин совершили многочисленные погружения на глубины до 50 м в условиях Антарктиды вблизи южнополярной обсерватории Мирный, выполняя научные исследования.

В 1967 г. В.В.Смолин, Г.А.Кучук и К.М.Рапопорт провели эксперименты с участием человека с целью сравнительного изучения наркотического действия на организм азота, аргона и гелия при больших давлениях.

В 1967 г. был издан многотомный «Справочник специалиста Аварийно-спасательной службы ВМФ». В.В.Смолин, И.А.Александров и З.С.Гусинский написали в нем раздел «Медицинское обеспечение водолазных спусков», а также «Водолазные заболевания, их профилактика и лечение».

В 1967 г. А.П.Мясников издал монографию «Медицинское обеспечение легководолазов и аквалангистов». Монография предназначена для водолазных врачей, а также для врачей-клиницистов, использующих повышенное давление газовой среды как лечебное средство. В 1977 г. вышло второе издание книги: «Медицинское обеспечение водолазов, аквалангистов и кессонных рабочих».

В 1967 г. В.В.Смолин, В.А.Вишняков, В.А.Пожидаев и В.Г.Сорокин разработали метод сменной подачи дыхательных газовых смесей с различными индифферентными газами (гелием, азотом, аргонном, кислородом) в процессе водолазного спуска с целью сокращения общего времени декомпрессии.

В 1967 г. В.А.Вишняков и Г.М.Соколов разработали первую в нашей стране инструкцию по проведению водолазных работ в зонах нахождения опасных и ядовитых морских животных.

В 1967 г. Иоханнес Килстра с соавторами провел исследования по дыханию животных (мышей) оксигенизированной жидкостью при давлениях до 100 кгс/см^2 .

В 1971 г. В.П.Максименко, А.С.Нехорошев и В.Д.Суровикин подготовили учебное пособие для водолазов «Водолазное дело», в котором В.Д.Суровикиным написаны разделы «Физические и физиологические особенности водолазного труда» и «Водолазные заболевания».

В 1972 г. 40 НИИ МО были разработаны «Правила водолазной службы (ПВС-71)», а ВМедА выпустила учебник «Физиология подводного плавания и аварийно-спасательного дела» под редакцией профессора И.А.Сапова, предназначенный для слушателей ВМедА. Учебник рекомендован также для учебных заведений, готовящих водолазных специалистов ВМФ. В учебнике имеются главы, посвященные влиянию фак-

торов повышенного давления на организм человека, специфическим заболеваниям водолазов и подводников, приводятся практические рекомендации по медицинскому обеспечению водолазных работ. В 1986 г. увидело свет 2-е издание учебника,

В 1972 г. ДОСААФ было издано «Положение о медицинском обеспечении военно-технических видов спорта», в котором содержатся правила медицинского обеспечения водолазных спусков.

В 1972-1980 гг. в ВМедА проводились исследования по определению закономерностей реагирования организма в условиях повышенного давления газовой и водной сред. При этом исследования охватывали все системы и уровни функционирования организма: проведен психологический анализ деятельности водолазов (Полонский В.В., 1973); определена динамика работоспособности водолазов (Мясников А.П., Бобров Ю.М., Щеголев В.С., 1974); установлены различия в индивидуальной чувствительности животных и человека к факторам повышенного давления (Сапов И.А., Юнкин И.П., 1970; Нейман И.Л., 1973); обоснованы меры профилактики обжима водолазов (Сапов И.А., Абросимов В.К., Карев И.С., 1972); получены новые данные об изменениях функций ЦНС (Сапов И.П., Довгуша В.В., 1978), системы дыхания (Абросимов В.К., Карев И.С., 1973), кровообращения (Нейман И.Л., 1973; Солодков А.С., 1973), крови (Советов В.И., 1977), выделения (Левковский Н.С., 1974; Кушниренко Н.П., 1979), адаптации человека к повышенному давлению (Лисовский В.А., 1980); выявлены сдвиги гормонально-ферментативного статуса (Винничук Н.Н., 1975; Корчинский Л.А., 1979); определены показатели динамики иммунобиологической реактивности (Апенков А.Ф., 1973; Хейфец-Тельбаум Б.А., 1973); выявлены изменения функции гематоэнцефалического барьера (Лупанов А.И., 1980); разработаны новые методы определения донозологического декомпрессионного газообразования, в том числе ультразвуковая локация (Волков Л.К., 1975; Сапов И.А., 1975, 1976, 1978, 1980), импедансометрия (Литошко И.А., 1976, 1980), контактная биомикроскопия (Винничук Н.Н., 1979); разработаны новые режимы лечебной рекомпрессии (Сапов И.А., Назаркин В.Я., Юнкин И.П., 1973); получены новые данные по механизму токсического действия кислорода (Мясников А.П., Лотовин А.П., 1971, 1972; Сапов И.А., Мясников А.П., Винничук Н.Н., 1975); обоснована патогенетическая профилактика отравления кислородом с помощью комплекса лекарственных средств (Сапов И.А., Гребенкина М.А., Ярковец А.Г., 1980).

В 1973 г. С.Е.Буленков, А.Ф.Маурер, Б.П.Самойлов, В.И.Тюрин и В.А.Вишняков выпустили «Справочник водолаза», в котором В.И.Тюрин изложил вопросы медицинского обеспечения водолазных спусков.

В 1973-1975 гг. Г.М.Соколовым, И.А.Александровым, В.Г.Сорокиным, Н.А.Ильиным, И.П.Юнкиным и Г.Л.Апанасенко выполнена работа по научно обоснованным методам отбора, подготовки и тренировки водолазов-глубоководников, в результате которой были откорректированы программы подготовки водолазов-глубоководников, подготовлены указания по их тренировке, предложены системы поддержания готовности водолазов-глубоководников на флотах и тренажеры, впервые создана

единая инструкция по отбору и освидетельствованию водолазов всех родов Вооруженных Сил СССР, которая была включена в приказ Министра обороны СССР по освидетельствованию личного состава.

В 1975 г. В.А.Вишняков, Э.А.Лириманов, В.В.Смолин, И.А.Александров и Г.М.Соколов разработали «Правила водолазной службы (ПВС-75)».

В 1977 г. С.Е.Буленков, В.И.Тюрин, Б.П.Самойлов, О.Н.Рослак и Э.В.Чириманов подготовили «Справочник пловца-подводника», в котором В.И.Тюрин изложил вопросы медицинского обеспечения пловцов-подводников, рассмотрел специфические заболевания и несчастные случаи при погружениях.

В 1979 г. ДОСААФ опубликовал «Руководство по подводному спорту», согласованное с Федерацией подводного спорта СССР. В этом же году вышли методические указания «Врачебный контроль при занятиях подводным спортом», утвержденные ЦК ДОСААФ СССР и Минздравом СССР.

В 1980 г. РЦКТБ Минморфлота и НИИ гигиены водного транспорта Минздрава были разработаны «Единые правила безопасности труда на водолазных работах».

В приказе Минздрава СССР от 5.10.1982 г. № 998 отмечено, что на объектах Мингазпрома впервые в народном хозяйстве проводятся глубоководные водолазные работы, принципиально отличающиеся от проводимых повсеместно работ под водой как методами погружения водолазов, так и составом используемых технических средств. На центральную и региональные бассейновые больницы возложено медицинское обеспечение водолазов, выполняющих глубоководные работы. Предложены меры по подготовке судовых врачей для обеспечения подводно-технических работ, их социальному обеспечению и комплектации подготовленными врачами плавсредств и других объектов, связанных с выполнением водолазных работ.

Приказом Министра здравоохранения СССР и Министра газовой промышленности от 29.08.1984 г. № 1001/159 создан Координационный совет этих министерств по гипербарической физиологии и водолазной медицине с четырьмя секциями (гипербарическая физиология и водолазная медицина, медицинское обеспечение глубоководных водолазных работ и специальная подготовка медперсонала, гипербарические комплексы, обитаемые подводные аппараты и водолазное снаряжение, судовая гигиена и медицинское обеспечение водолазных работ на глубинах до 60 м), разработан план мероприятий по совершенствованию медицинского обеспечения водолазных работ (включая проведение научных исследований, разработку руководящей и нормативной документации, а также подготовку медицинского персонала), распределены обязанности между научно-исследовательскими и учебными учреждениями Минздрава СССР.

В период с 1984 по 1990 г. отделом водолазных и подводно-технических работ Морнефти МиннефтеГазпрома (Смолин В.В.), Институтом медико-биологических проблем (Гении А.М., Смирнов В.А., Крупина Т.Н., Воронков Ю.И., Тизул А.Я., Викторов А.Н., Попов А.Г., Есартя Д.Т.,

Берелавичус В.Ю., Ильин В.К. и др.), Институтом гигиены водного транспорта (Куренков Г.И., Гарибджанов В.А., Сысоев А.Б., Евстропова Г.Н., Евграфов В.Г., Шатерникова И.Н., Соколова Е.А. и др.), ВНИПИ-морнефтегазом (Соколов Г.М.), Институтом гигиены морского транспорта (Титков С.И.), Институтом физиологии им. А.А.Богомольца (Гуляр С.А., Моисеенко Е.В.) и Третьим главным управлением при Минздраве СССР (Комордин И.П.) был разработан ряд руководящих документов по вопросам медицинского обеспечения глубоководных водолазных работ на морских месторождениях нефти и газа.

В 1985 г. И.В.Меренов и В.В.Смолин опубликовали «Справочник водолаза. Вопросы и ответы», в 1990 г. вышло 2-е издание справочника.

В 1986 г. Л.И.Мелодинским, О.М.Слесаревым, Л.Г.Медведевым, В.И. Советовым и др. были подготовлены «Правила водолазной службы (ПВС-ВМФ-85)».

В 1988 г. французская фирма «КОМЭКС» под руководством А.Делоза провела эксперимент «Гидра VII», в котором водолазы осуществили рекордное погружение под воду на глубину 530 м с использованием для дыхания кислородно-водородно-гелиевых смесей, а в 1993 г. под руководством А.Делоза и Б.Гардетта фирма провела рекордное погружение водолазов в сухой барокамере на «глубину» 701 м.

В 1992 г. Б.А.Нессирио, В.А.Вишняков, В.А.Аверьянов, А.А.Шишкин и Л.А.Шурубур разработали «Единые правила безопасности труда на водолазных работах», часть II — «Медицинское обеспечение водолазов», РД 31.84.01-90, в которых изложены организация и медицинское обеспечение на всех этапах водолазного спуска, специфические и неспецифические заболевания водолазов, их лечение и профилактика.

1992—1995 гг. ИМБП провел медицинское обеспечение кессонных работ в Мосметрострое по режимам декомпрессии, разработанным В.В.Смолиным, без случаев декомпрессионных заболеваний.

В 1995 г. в Государственном научном центре Российской Федерации «Институт медико-биологических проблем» Б.Н.Павловым, П.Э.Солдатовым и А.И.Дьяченко в опытах на животных было выявлено, что аргон повышает резистентность организма к гипоксической гипоксии в гипербарических условиях. В 1995-1996 гг. Б.Н.Павловым, В.В.Смолиным, Г.М.Соколовым, И.П.Комординым, П.С.Спирьковым, С.Е.Плаксыным, Л.Б.Буравковой, В.К.Ильиным, Р.Р.Рамазановым и др. было показано, что в гипоксических кислородно-аргоновых средах под повышенным давлением работоспособность человека на 30—40 % выше, чем в гипоксических кислородно-азотных средах.

В 1995—1997 гг. под руководством В.И.Советова в 40 ГосНИИ МО выполнена работа по совершенствованию медицинского обеспечения водолазных работ на глубинах до 60 м и разработаны новые рабочие, аварийные режимы декомпрессии и режимы декомпрессии для повторных спусков.

В 1998 г. В.В.Смолин, Г.М.Соколов, Б.Н.Павлов, В.В.Довгуша и М.Н.Гуменюк разработали «Руководство по медицинскому обеспечению водолазных спусков в условиях воздействия ионизирующих излу-

чений при выполнении работ на подводно-технических объектах Минатома России (для водолазных врачей, фельдшеров и руководителей водолазных спусков)».

В 1998—2000 гг. в ГНЦ РФ «ИМБП» впервые в мировой практике проведено успешное лечение с применением лечебной рекомпрессии по специальным режимам шести дайверов с декомпрессионной болезнью средней-тяжелой степени с поражением центральной нервной системы при обращении за помощью через 6-24 сут от начала заболевания.

В 1999 г. вышла в свет книга В.В.Смолина, Г.М.Соколова и Б.Н.Павлова «Медико-санитарное обеспечение водолазных спусков: Руководство для водолазных врачей и фельдшеров».

2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНОЙ И ГАЗОВОЙ СРЕД

2.1. Физико-химические и физиолого-гигиенические характеристики водной среды

2.1.1. Общие сведения

Вода представляет собой необычную среду для обитания человека, организм которого приспособлен к жизни в воздушной среде. В то же время вода сыграла и продолжает играть исключительно важную роль в истории Земли, в происходящих на ней геофизических процессах, зарождении и развитии жизни, являясь неотъемлемой составной частью всего живого. Индийские мудрецы Джаболи, Бхадури и Пурандра 5000 лет назад провозгласили, что мир состоит из 4 элементов: воды, огня, воздуха и земли. Древнегреческий мыслитель, родоначальник античной философии Фалес (625—574 гг. до н.э.) представлял Вселенную в виде жидкой массы, внутри которой находится большой пузырь, имеющий форму полушария. Вогнутая поверхность этого пузыря — небесный свод, а на нижней, плоской поверхности, наподобие пробки, плавает плоская Земля. Фалес считал воду важнейшим из «первоэлементов»: «Все возникает из воды, и все в нее превращается». Это философское направление получило название «нептунизм». Можно сказать, что отчасти Фалес был прав. Вода — единственная природная жидкость на нашей планете. Она занимает площадь 361 млн. км², или 70,8 % поверхности Земли. Еще древнегреческий ученый Эратосфен Киренский (276—194 гг. до н.э.) догадывался, что водные просторы покрывают около $\frac{2}{3}$ планеты, но окончательно это было установлено лишь во времена Великих географических открытий (от Христофора Колумба до Витуса Беринга и М. П. Лазарева). В средние века считали, что измерить глубину океана невозможно, как и высоту неба. Сейчас известно, что средняя глубина Мирового океана составляет 3,7 км, максимальная — 11 022 м (Марианская впадина, Тихий океан).

Вода вездесуща (существует на земле, под землей и в воздухе). Объем воды в Мировом океане составляет 1370 млн. км³. Все реки земного шара одновременно содержат около 1200 км³ воды. Озера занимают 2 % суши, а объем воды в них — около 230 тыс. км³. Объем подземных вод — 60 тыс. км³, а ледников — 24 тыс. км³.

Трехдневный зародыш человека содержит воды столько же, сколько медуза (97 %), 3-месячный — 95 %, 8-месячный — 81 %, новорожденный ребенок — 80 %, годовалый — 66 %, а взрослый человек — от 60 до 65 %. Распределена вода в организме неравномерно: в жировых тканях — 20 %, в костях — 25 %, в печени — 70 %, в мышцах — 75 %, в крови — 80 %, в мозге — 85 % от общей массы. Человек должен получать ежедневно с пищей и напитками около 2,5 л воды.

После воздуха вода — самое подвижное вещество на планете. Вода обладает уникальными свойствами, которые отличают ее от всех извест-

ных нам веществ. Почти все физико-химические свойства воды — исключение в природе. Эти особенности (аномалии) обусловлены особым молекулярным строением воды и наличием связей между молекулами.

До конца XVIII века воду считали простым элементом. Истинный ее состав как сложного вещества был установлен А.Лавуазье в 1783 г. синтезом из водорода и кислорода, а также разложением ее при пропускании водяного пара над раскаленным железом с образованием водорода и окислов железа. Годом позже Г.Кавендиш подтвердил, что продуктом сгорания водорода является вода. В 1933 г. Дж.Д.Бернал и Р.Фаулер предложили классическую модель строения воды. Вода (H_2O) — это оксид водорода, молекула которого является диполем с отрицательной стороной атома кислорода и положительной стороной двух атомов водорода. Это ведет к образованию стойких связей между молекулами. Кроме того, в воде существуют также дополнительные водородные связи, гораздо менее прочные, чем ковалентные связи $O-H$ внутри молекулы, но дающие все же значительно более сильное взаимодействие молекул воды по сравнению с другими молекулами. В процессе теплового движения молекул водородные связи рвутся, но взамен тут же возникают новые, т.е. имеется динамическая система межмолекулярных водородных связей, а молекулы в воде являются ассоциированными и прочно соединенными. Внутри водной массы развивается высокое давление. Этими особенностями объясняется также несжимаемость воды.

Вода — единственное вещество, которое встречается в естественных условиях на Земле во всех трех своих физических состояниях — твердом, жидком и газообразном (лед, вода, пар). В жидком состоянии вода представляет собой бесцветную (в толстых слоях голубую) жидкость без запаха и вкуса. Вода имеет сродство к самой себе большее, чем у любой другой жидкости, в связи с чем она существует в форме сферических капель, имеющих наименьшую поверхность при данном объеме. В то же время, как и другие жидкости, вода обладает текучестью, т.е. не сохраняет своей формы, особенно при больших объемах. Вода — химически и физически стойкое вещество, ее очень трудно окислить, сжечь или разложить на составные части. Однако вода окисляет почти все металлы. Она является универсальным растворителем, растворяет больше солей и других веществ, чем любое другое вещество. Дистиллированная вода очень плохо проводит электрический ток, но даже весьма малые добавки солей превращают ее в очень хороший проводник. Вода имеет огнегасящие свойства, в то время как ее составляющие проявляют противоположные свойства: водород горит, а кислород поддерживает горение. Вода обладает уникальной способностью расширяться при замерзании, вследствие чего лед плавает на воде, остающейся в жидкой фазе. Если бы лед тонул, то все водоемы оказались бы заполненными им от грунта до поверхности, на Земле царил бы безжизненный вечный ледниковый период. Пресная вода замерзает не при температуре наибольшей плотности ($+4\text{ }^{\circ}\text{C}$), как другие вещества, а при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура плавления). Морская вода с соленостью 35 ‰ замерзает при температуре $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура кипения пресной воды при ат-

молекулярном давлении составляет $+100^{\circ}\text{C}$, тогда как составляющие ее водород и кислород закипают (переходят из жидкого состояния в газообразное) при весьма низких температурах ($-252,7$ и $-183,0^{\circ}\text{C}$ соответственно). Кроме того, вода имеет очень высокую скрытую теплоту плавления (80 кал/г) и испарения (540 кал/г), т.е. она поглощает значительное количество дополнительной теплоты при неизменности температуры во время замерзания и кипения. Вода практически несжимаема (ее объем уменьшается на 1% лишь при давлении 200 кгс/см², т.е. на глубине 2000 м; на максимальной океанской глубине $11\,022$ м вода сжимается на $4,5\%$). Если бы она была абсолютно несжимаемой, то уровень Мирового океана поднялся бы на 25 м.

Жизнь в океане имеется вплоть до максимальных глубин (11 км). Как среда обитания живых и растительных организмов Мировой океан подразделяется на пелагиаль (воды) и бенталь (дно).

В океанах водные массы по однородности их характеристик подразделяют на поверхностные (до глубины 100 – 500 м), промежуточные (до 1000 – 1500 м), глубинные (до 3000 – 4000 м) и придонные.

2.1.2. Состав воды и плотность

По массе в воде содержится $11,19\%$ водорода и $88,81\%$ кислорода. Тяжелая вода содержит 20% водорода.

Отцом океанографической химии можно считать Роберта Бойля, доказавшего в 1670 -х годах, что пресная вода, попадающая в моря, содержит соли в незначительном количестве, которые затем концентрируются. Им была сделана первая попытка количественного определения солености путем выпаривания морской воды и взвешивания сухого остатка. Однако при этом он допустил ошибку, так как не учел того, что некоторые составные части солей являются летучими веществами. Он предложил определять соленость расчетным способом по плотности воды.

Первый химический анализ морской воды сделал А.Лавуазье.

Вся природная вода содержит растворенные в ней вещества, количество которых значительно больше в воде морей и океанов по сравнению с пресной водой рек и озер. На долю пресных вод приходится лишь $2,5\%$, а $97,5\%$ составляют соленые воды Мирового океана. Морская вода является слабым щелочным раствором. В ней обнаружено 73 химических элемента. Химический состав морской воды подразделяется на 5 групп:

1) основные ионы (хлорид, натрий, сульфат, магний, кальций, калий, бикарбонат, бромид, барит, стронций, фторид), которые составляют $99,98\%$ массы всех растворенных солей;

2) биогенные элементы (C, H, N, P, Si, Fe, Mn), из которых состоят организмы;

3) растворенные в воде газы (O_2 , N_2 , CO_2 , H_2S , CH_4 и другие инертные газы), при этом соотношение O_2 : $\text{N}_2 = 1:2$ (что было установлено А.Лавуазье в 1783 г.), а не $1:4$, как в воздухе;

4) группа микроэлементов с концентрацией меньше $1 \cdot 10^{-6}$;

5) органические вещества.

Подавляющая доля солей морской воды приходится на хлориды, а не на карбонаты, что отличает ее от речной воды, в которой преобладают углекислые соли.

В среднем океанская вода содержит 35 г минеральных солей в 1 л, т.е. массовая соленость составляет 35 ‰, или 3,5 ‰. Соленость крови человека (около 1 ‰) в 3,5 раза меньше солености океана и близка к солености воды средней части Балтийского моря. Количество хлористого натрия в верхних слоях Черного моря 20 г в 1 л воды, а в средней части Балтийского моря (8,5 г/л) такое же, как в 0,85 ‰-ном физиологическом растворе для внутривенных инъекций. Представляет интерес близость содержания химических элементов, растворенных в океанской воде и в крови человека (табл. 1).

Таблица 1. Относительное содержание растворенных химических элементов в воде океана и в крови человека (по Дерпгольцу, 1971)

Наименование химического элемента	Относительное содержание растворенных химических элементов, ‰	
	в воде океанов	в крови человека
Хлор	55,0	49,3
Натрий	30,6	30,0
Кислород	5,6	9,9
Калий	1,1	1,8
Кальций	1,2	0,8
Прочие	6,5	8,2

Поскольку непосредственное измерение солености морской воды химическими методами производить затруднительно, определяют хлорность морской воды (общую массу ионов хлора в 1 кг воды), после чего соленость определяют по зависимости:

$$\text{соленость (‰)} = 1,8066 \text{ хлорности (‰)}.$$

В поверхностных слоях морей и водах океана при температуре -2 °С содержание O₂ составляет около 8,5 мл/л, при 30 °С — до 4,5 мл/л. Глубины Черного моря, как и некоторые другие моря, лишены кислорода. Отсутствие естественного окислителя на Черном море глубже 200-метровой отметки вода насыщена сероводородом и является безжизненной.

Вредные вещества, загрязняющие Мировой океан, подразделяются на вещества естественного и антропогенного происхождения. Первые содержатся в грунтах у устьев рек и происходят из глубин земной коры (сток рек, эрозия берегов морей, вулканическая деятельность на дне океанов, атмосферные осадки). Ко вторым относятся отходы органического и неорганического происхождения, загрязняющие пресную и морскую воду, особенно вблизи населенных пунктов, портов, при-

брежных промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Вода может быть загрязнена сточными водами (промышленные отходы, фекальные воды, стоки от животноводческих ферм, удобрения, пестициды, гербициды, радиоактивные выбросы и пр.) в случае недостаточной очистки сточных вод или при ее отсутствии. В результате деятельности нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий, морских перевозок нефти, использования различных категорий плавсредств и т.д. в обычных условиях и особенно в результате аварий возможно загрязнение акваторий и побережья нефтью и нефтепродуктами. Водолазные спуски в условиях загрязнения воды требуют проведения определенных подготовительных мероприятий, ликвидации последствий загрязнения, профилактики заболеваний водолазов, а в отдельных случаях — и лечения.

Плотность воды в 775 раз превышает плотность воздуха. Удельный вес (плотность) пресной воды при $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет $1,0\text{ г/см}^3$. Средняя плотность морской воды при температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет $1,025\text{ г/см}^3$. При температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и солёности 35 ‰ морская вода имеет плотность $1,028\text{ г/см}^3$.

Плотность морской воды в отличие от пресной зависит не только от температуры и давления, но и от солёности. Чистая вода имеет наибольшую плотность при температуре $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, однако с повышением солёности эта температура понижается, и при солёности выше 24,695 ‰ становится ниже температуры замерзания. Морская вода солёностью ниже этого значения называется солоноватой, выше — чисто морской.

Жидкий грунт — резко выраженный слой скачка плотности воды с вертикальным коэффициентом, достаточным для того, чтобы подводная лодка могла лежать в этом слое воды без хода, как на фунте. Жидкий грунт может также влиять на деятельность водолазов и работу подводных аппаратов.

Вязкость морской воды, или внутреннее трение, — свойство морской воды противодействовать и сопутствовать относительному перемещению частиц (слоев) жидкости. Молекулярная вязкость морской воды — очень малая величина, равная в среднем $10^{-3}\text{ кг/м} \cdot \text{с}$, и изменяется незначительно при изменении температуры, солёности и давления воды. Коэффициент турбулентной вязкости во много раз больше: в верхнем слое океана, подверженном воздействию ветра, он достигает $103\text{ кг/м} \cdot \text{с}$.

Типовые расчеты при медицинском обеспечении водолазных спусков, связанные с физическими свойствами воды, приведены в приложении 2.

2.1.3. Гипогравитация и динамическое воздействие водной среды

В соответствии с законом Архимеда тело, погруженное в жидкость, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненный им объем жидкости. Например, если человек массой 80 кг вытесняет при погружении 79 дм^3 воды, то его вес в воде становится равным 1 кгс, поскольку масса пресной воды при плотности 1 кг/дм^3 равна 79 кг ($80 - 79 = 1$). В морской

(океанской) воде большей плотности вес тела будет еще меньше. При этом при неизменной массе тела человека объем его тела колеблется в соответствии с фазами дыхания, что приводит к изменению плотности тела. При вдохе средняя плотность тела составляет $0,96\text{--}0,99\text{ кг/дм}^3$, что позволяет неподвижно лежать на поверхности пресноводного водоема. При выдохе плотность тела равна $1,021\text{--}1,097\text{ кг/дм}^3$, что требует проведения плавательных движений для удержания на воде. Поскольку средняя плотность воды в океанах и открытых морях составляет около $1,025\text{ кг/дм}^3$, выталкивающая сила увеличивается, и человеку значительно легче удержаться на поверхности моря. Таким образом, человек под водой находится в состоянии гипогравитации, близком к невесомости космонавта. Различие с космическим вакуумом состоит в плотности, вязкости и других характеристиках водной среды.

На погруженного в воду водолаза одновременно действуют две силы: сила тяжести, направленная вертикально вниз, и сила плавучести, действующая вертикально вверх. Точка приложения силы тяжести называется центром тяжести, а точка приложения силы плавучести - центром плавучести. С этими двумя силами тесно связана остойчивость водолаза, т.е. его способность сохранять под водой определенное положение, а при отклонении легко к нему возвращаться (рис. 52).

Сохранение остойчивости особенно важно для водолаза, использующего не плавательный вариант водолазного снаряжения, а вентилируемое снаряжение с объемным скафандром, требующим для спуска и ра-

боты на фунте погашения плавучести применением грузов достаточно большой массы. Если центры тяжести и плавучести расположены на одной вертикальной линии (по оси симметрии тела), а центр плавучести находится на 10-20 см выше центра тяжести, то водолаз будет иметь нормальную остойчивость. При нахождении этих центров на различных вертикальных линиях (например, смещение груза вбок) тело водолаза будет стремиться к смещению в сторону центра плавучести, что требует применения дополнительных усилий для удержания тела в вертикальном положении и предупреждения опрокидывания. При расстоянии между центрами тяжести и плавучести больше 20 см остойчивость водолаза будет избыточ-

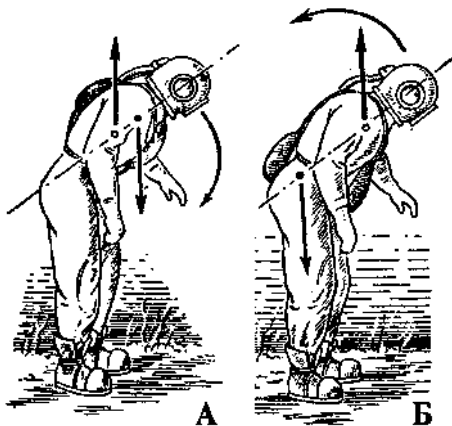


Рис. 52. Остойчивость водолаза при различном расположении центров тяжести и плавучести:

А — центр тяжести выше центра плавучести, при наклоне водолаз опрокидывается;
Б — центр тяжести значительно ниже центра плавучести, водолазу приходится тратить значительные усилия для преодоления сил, восстанавливающих водолаза в вертикальном положении

ной и ему будет трудно наклоняться. При их близком расположении остойчивость будет низкой, а при совпадении этих точек — безразличной, что может привести к переворачиванию водолаза. Особенно опасно расположение центра тяжести выше центра плавучести, что почти неизбежно приведет к переворачиванию водолаза вверх ногами с последующим выбрасыванием на поверхность. При значительном отстоянии центра тяжести от центра плавучести водолазу в плавательном варианте снаряжения приходится затрачивать дополнительные усилия на удержание горизонтального положения при плавании под водой.

Следует отметить, что гипогравитация значительно затрудняет двигательную и производственную деятельность человека под водой вследствие сложности обеспечения точки опоры для выполнения работы. Движения под водой приводят к реактивному изменению положения тела человека, и это не позволяет развить требуемое усилие. Разность силы тяжести и плавучести (величина отрицательной плавучести) водолаза, работающего на грунте, должна находиться в пределах 3—8 кгс. В различных ситуациях водолаз в вентилируемом снаряжении может иметь плавучесть от отрицательной в 40 кгс (полное обжатие) до положительной в 15 кгс (полное раздутие).

При перемещении под водой и выполнении работы водолаз испытывает сопротивление плотной водной среды, которое значительно изменяет привычные двигательные координации, что требует строить совершенно новые формы движений. Преодоление сопротивления водной среды осложняет нахождение в условиях гипогравитации при отсутствии достаточной опоры. При этом движения человека становятся медленными и плавными, а положения туловища и конечностей выбираются такими, чтобы уменьшить линейные размеры по фронту движения. Ходьба превращается в медленные прыжки боком или наклоненным вперед корпусом с отталкиванием двумя ногами или выполнением плавательных движений.

При нахождении водолаза под водой значительная нагрузка падает на дыхательную мускулатуру, особенно при отсутствии воздушной прослойки в области грудной клетки. В этом случае необходимы большие затраты энергии для отодвигания грудной клеткой воды при вдохе.

Сопротивление воды и потеря веса ударного инструмента серьезно затрудняют его использование под водой. В то же время подъем и удержание на весу различных предметов требуют применения гораздо меньших усилий, чем на воздухе.

Таким образом, приспособительная реакция организма человека к гипогравитации, низкой остойчивости и большому сопротивлению водной среды состоит в переучивании новым двигательным навыкам.

Необычные условия пребывания и работы под водой, трата значительных усилий и нервно-эмоциональное напряжение приводят к переутомлению, выраженность и скорость наступления которого связаны с уровнем физического развития, приобретенными навыками работы под водой и степенью устойчивости функционирования центральной нервной системы, способностью противостоять стрессорным воз-

действиям. Быстрое наступление выраженного переутомления в экстремальных условиях водной среды может приводить к аварийным ситуациям, возникновению специфических и неспецифических заболеваний водолазов.

При проведении работы на течении или в условиях волнения воды она оказывает на человека динамическое воздействие. Скорость течения на реках зависит в основном от рельефа местности, а на море главной причиной течений у берегов, на мелководье и в узких проливах являются приливы и отливы, основной период которых составляет половину лунных суток (около 12,5 ч). Высота приливов в среднем составляет около 2 м, но может достигать 13—14 м, а максимальная скорость — 5—16 узлов (1 узел = 1 морской миле в час = 1852 м/ч = 52 см/с). Скорость цунами доходит до 700 км/ч, высота волны достигает 10—15 м, а иногда 30—50 м, что вызывает катастрофические последствия. Ветровые волны обладают характерными периодами колебаний в 5–20 с, длина волны может составлять от 60 до 600 м, а высота — до 20 м.

Практика показывает, что работа водолаза на течении должна оцениваться как тяжелая физическая нагрузка дополнительно к энергетической стоимости самих производственных операций. Для удержания и выполнения работы на течении необходимо иметь специальные навыки и прилагать значительные усилия. Зачастую на течении приходится передвигаться ползком и пользоваться специальными техническими приспособлениями. Водолазные работы могут проводиться на течении, скорость которого не превышает 2 м/с. Еще большие трудности могут возникнуть при наличии не постоянных и однонаправленных, а переменных сносящих сил. Производственная деятельность водолазов может осуществляться при волнении моря, не превышающем 2—3 балла в зависимости от типа плавсредства, с которого выполняются спуски. При больших величинах волнения работа в нескольких метрах от поверхности становится невозможной. Водолаз может получить травму при столкновении с находящимися под водой или на поверхности препятствиями, он может сорваться со спускового конца, перевернуться и непроизвольно всплыть на поверхность. Особенно опасно работать на течении или при волнении моря в снаряжении с замкнутой схемой дыхания, имеющем дыхательный мешок, не защищенный жестким корпусом, из-за возможности повреждения легочной ткани (баротравмы легких) при ударе по мешку.

2.1.4. Механическое давление

При погружении водолаза под воду на него действует давление, обусловленное давлением столба воды и атмосферного воздуха. На каждые 10 м глубины погружения давление воды увеличивается на 1 атмосферу (1 кгс/см²–0,1 МПа).

При нахождении водолаза под водой она оказывает на него механическое давление, которое зависит от глубины погружения. Так, например, человек, имеющий поверхность тела 1,7—1,8 м², вне воды на

уровне моря испытывает общее давление на тело, равное 1,7—1,8 т. На глубине 60 м оно будет в 7 раз больше и составит 11,9—12,6 т. Это громадное избыточное давление, действующее на поверхность тела, долгое время пугало врачей. Так, в 1845 г. Труссар писал: «Не без некоторого страха, признаемся, спускались в первый раз в аппарат, чтобы подвергнуться давлению трех атмосфер. Те 32 000 кг сверх обычного, предшествующего давления, которое Вам предстоит перенести, могут напугать самого сильного человека». Спустившись сам в кессон, профессор Труссар был поражен тем, как легко переносится это давление на тело.

В 1845 г. врач Герару писал, что увеличенное давление производит громадное изменение в нашем теле, а врач Фолей еще в 1860-х годах заявлял: «Как только Вы вошли в кессон, Вы уже сплющены». Практические наблюдения в те годы при работе в кессоне и пребывании в барокамерах показали, что даже при значительно большем давлении, чем 3 кгс/см², никто никогда не был «сплюснен». Исследованиями последних лет установлено, что при общем объемном сжатии организм человека без выраженных механических нарушений может переносить давление свыше 60 кгс/см², при этом общая нагрузка на тело человека превышает 1000 т. Наземные млекопитающие животные, как показывают многочисленные исследования, могут благополучно переносить вдвое большие давления. Это объясняется тем, что организм человека состоит из жидких сред и твердых клеточных элементов, которые практически не сжимаемы. Известно, что жидкие тела, в отличие от газообразных, характеризуются «плотной упаковкой молекул», постоянными силами молекулярных взаимодействий (силы Ван-дер-Ваальса, водородные связи) и значительной величиной внутреннего давления, обусловленного поверхностным натяжением. Сжимаемость жидкости в 1000—1000000 раз меньше, чем газов, и по объему жидкость изменяется мало. Средний коэффициент сжимаемости тканей организма составляет менее 10-4 кгс/см², т.е. уменьшение объема ткани при давлении 100 кгс/см² не превышает 1 %. В процессе объемной компрессии происходит равномерное распределение напряжения во всем объеме организма, вследствие чего в тканях создается внутреннее противодействие, равное величине внешнего давления. Большая заслуга в понимании механизма действия на организм механического давления в условиях воздействия небольших величин гидростатического давления и гипербарической газовой среды принадлежит П.Беру. В условиях водолазных спусков на глубины 60—80 м при дыхании воздухом и в барокамере до давления 100 м вод.ст. механическое давление за счет равномерного сжатия организма не может оказывать на него выраженного патологического действия.

Механическое действие небольших величин повышенного давления проявляется лишь при неравномерном распределении его на какие-либо участки организма, когда давление не уравновешено со стороны тканей (газовых полостей), или под жесткими частями снаряжения. При отсутствии выравнивания давления с окружающим давлением водной

среды под очками, полумаской, «сухим» гидрокombineзоном с наличием шейного обтюлятора, а также при плотном прилегании к ушной раковине наушников или облегающего шлема могут возникнуть местный обжим прилегающих тканей и баротравма уха. В связи с этим очки следует применять не для ныряния, а только для плавания на поверхности воды. При пользовании маской во время ныряния необходимо компенсировать создающееся под ней разрежение выпуском через нос части воздуха, взятого с вдохом на поверхности. Для выравнивания давления под герметичным гидрокombineзоном на нем должны иметься специальный шланг и клапан поддува воздуха или дыхательной газовой смеси, а также травяще-предохранительный клапан. Должны быть предусмотрены технические решения, не допускающие плотного прилегания каких-либо деталей водолазного снаряжения к ушным раковинам.

При снижении объема газа в легких меньше остаточного объема и появлении присасывающего эффекта грудной полости под воздействием гидростатического давления возможно обжатие грудной клетки. Это патологическое состояние чаще возникает при нырянии на глубину без использования дыхательного аппарата и характеризуется переполнением кровью сосудов малого круга кровообращения.

Из-за большой плотности воды она оказывает неравномерное давление на верхние и нижние части тела при нахождении водолаза в вертикальном положении (рис. 53).

Эта разница гидростатического давления при спуске водолаза без гидрозащитного скафандра, в гидрокостюме или гидрокombineзоне составляет около $0,17—0,18 \text{ кгс/см}^2$, что приводит к постоянному обжатию нижних конечностей, выраженному нарушению кровоснабжения в них и более быстрому охлаждению. При спуске в вентилируемом снаряжении разница гидростатического давления составит лишь около $0,1 \text{ кгс/см}^2$, поскольку верхняя часть туловища водолаза примерно до уровня нижней части грудной клетки (h на рис. 47) находится в воздушной подушке. При использовании снаряжения с замкнутой, полужамкнутой и открытой схемами дыхания в случае расположения дыхательного мешка или дыхательного автомата выше уровня центра грудной клетки вдох будет затруднен, а выдох облегчен. При их расположении ниже центра грудной клетки, напротив, вдох будет легким, а выдох затрудненным.

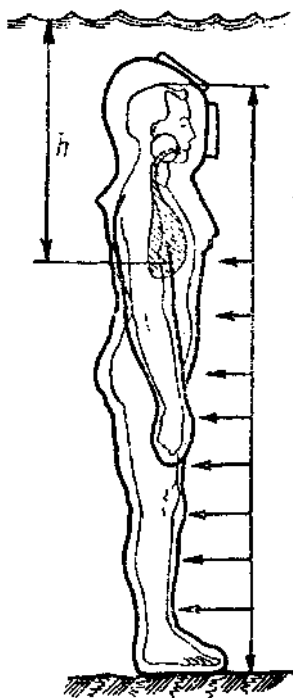


Рис. 53. Давление столба воды на водолаза

2.1.5. Теплофизические свойства и их влияние на тепловое состояние организма

Вода обладает особыми теплофизическими свойствами, которые значительно отличаются от теплофизических свойств воздуха. Так, например, теплопроводность воды больше в 25 раз, а теплоемкость — в 4 раза. Удельная теплоемкость воды $C = 1$ ккал/кг · град при температуре $+15$ °С. Теплоемкость воды медленно и незначительно уменьшается от 1,0074 до 0,9980 с повышением температуры от 0 до $+40$ °С, а у всех других веществ с ростом температуры теплоемкость увеличивается. Она также незначительно снижается с ростом давления (с увеличением глубины). Вода может поглощать большое количество теплоты, сравнительно мало нагреваясь при этом.

Около 30 % энергии Солнца отражается атмосферой и уходит в мировое пространство, около 45 % поглощается атмосферой и лишь около 25 % солнечной энергии достигает поверхности океана. Часть ее (8–10 %) отражается, а остальная часть поглощается. Из всей поглощенной энергии солнечного тепла до 94 % поглощает поверхностный слой воды толщиной 1 см. Более низкие слои воды нагреваются за счет естественной конвекции (связанной с неоднородностью среды по температуре и плотности) и вынужденной конвекции (перемешивания течениями, ветровым волнением и приливами). В результате поглощения и конвекции 60 % солнечной энергии остается в верхнем метровом слое воды, а в 10-метровом слое — более 80 %. На глубину 100 м при отсутствии интенсивного перемешивания обычно проникает не более 0,5–1 % солнечной энергии.

Температура воды в верхних слоях водоемов зависит от климатических условий и может находиться в пределах от -2 до $+30$ °С. Только 8 % поверхностных вод океана теплее $+10$ °С, а более половины вод холоднее $2,3$ °С. Морская вода с соленостью 35 ‰ замерзает при температуре $-1,9$ °С.

Суточные изменения температуры воды зависят от характера облачности и обычно находятся в пределах $0,5$ – $2,0$ °С. В основном эти изменения касаются лишь тонкого поверхностного слоя воды, и уже на глубинах 10–20 м суточные колебания температуры практически равны нулю. Максимум температуры наблюдается около 15 ч, минимум — в интервале от 4 до 7 ч. Годовые колебания температуры в океане не столь велики, как на суше. Если на суше они достигают 150 °С, то в океане редко превышают 38 °С. Резче всего годовая разница температур выражена в средних широтах, где она между августом и февралем может превышать 10 °С. На больших глубинах в средних и северных широтах температура постоянно сохраняется в диапазоне от $+2$ до $+4$ °С в зависимости от солености воды.

Охлаждающее действие воды является одним из важнейших факторов, ограничивающих пребывание человека в водной среде. Она в значительной мере снижает производительность водолазного труда, а также является основной причиной гибели людей, оказавшихся в воде в

результате кораблекрушения. Тепловой баланс организма раздетого человека в воде может поддерживаться на стабильном уровне только при условии равенства температур воды и тела, что невозможно в средних широтах. Большие теплотери в воде объясняются ее высокими теплопроводностью и теплоемкостью. Когда обнаженный или недостаточно одетый человек погружен в холодную воду, у него появляется определенная последовательность симптомов. Вначале холодная вода вызывает снижение температуры кожи, что ведет к сужению сосудов поверхности тела. Это, в свою очередь, ускоряет снижение температуры кожи, так как прекращается приток тепла из подлежащих тканей. Вызванная холодом вазоконстрикция обеспечивает выраженное термическое сопротивление, или теплоизоляцию, в поверхностных тканях тела. Это сопротивление зависит от скорости кровотока в коже. Последовательное течение этих реакций заканчивается, когда температура кожи становится равной температуре воды. Тепло из нагретых глубже лежащих тканей продолжает поступать путем прямой кондукции к поверхности. При нахождении под водой человека без гидрозашитной одежды основным способом теплоотдачи является теплопроводение, причем значительной потере тепла способствуют подвижность воды и передвижение самого водолаза. Человек нагревает своим телом все новые и новые слои воды, что приводит к более быстрой, чем на воздухе, потере тепла. При значительном превышении теплотерь над теплопродукцией у человека, находящегося в холодной воде, быстро снижается температура тела и развиваются симптомы переохлаждения, переходящие от функциональных к патологическим.

При использовании гидрозашитной и теплозащитной одежды водолаза теплотери организма происходят в основном не путем проведения, как при непосредственном соприкосновении с ней, а в основном путем теплоизлучения на охлаждающую внутреннюю поверхность скафандра (отрицательная тепловая радиация), которое в 4 раза превышает теплоотдачу проведением.

С точки зрения уменьшения теплотерь у водолазов предпочтение следует отдавать вентилируемому снаряжению. Воздушная подушка скафандра, являясь хорошим теплоизолятором, уменьшает теплоотдачу и при той же температуре воды сохраняет температуру тела на более высоком уровне, чем гидрокombineзон или гидрокостюм, в которых имеется лишь незначительная воздушная прослойка. В гидрокombineзоне (гидрокостюме) охлаждаются голова и область шеи, а при дыхании в аппарате усиливаются теплотери с дыхательных путей. Особенно чувствительны к холоду у водолазов дистальные отделы ног. При обычном вертикальном положении водолаза под водой замерзание начинается с пальцев ног, что в значительной степени объясняется обжатием водой нижних конечностей. В последующем водолазы обычно предъявляют жалобы на замерзание рук, спины и поясницы. Менее чувствительны к холоду лицо, грудь, живот и ладони.

2.1.6. Освещенность и видимость

Видимость в водной среде значительно хуже, чем в воздушной, что объясняется рядом причин. Освещенность под водой обычно невелика, в особенности на больших глубинах, а при восходе и закате солнца — и на малых. В середине дня в поверхностных слоях прозрачной воды освещенность остается достаточно высокой.

Одной из причин ухудшения видимости в воде является потеря света за счет отражения солнечных лучей от зеркала моря. Количество отраженных от поверхности воды лучей зависит в основном от угла их падения на воду. Чем больше угол падения, тем больше отражение. В дневное время, когда в средних широтах угол падения солнечных лучей невелик (менее 30°), поверхность воды отражает всего 2 % лучей. В утреннее и вечернее время, когда угол падения приближается к 60°, количество отраженных лучей возрастает до 21 %. При волнении моря количество отраженных лучей становится во много раз больше.

Свет распространяется в воде значительно хуже, чем в воздухе. Так, например, если в воздухе при ясной погоде на 1 км пути поглощается всего 5-10 % света, то в прозрачной (дистиллированной) воде на протяжении 1 м поглощается 10 % световой энергии, в водопроводной воде — более 25 %, в озерной воде, — свыше 50 %, а в воде рек и у берегов морей, особенно в штормовую погоду, поглощение световой энергии на 1 м пути увеличивается до 85—95 %. Это хорошо иллюстрирует табл. 2.

Таблица 2. Поглощение света дистиллированной, водопроводной и озерной водой

Расстояние, м	Поглощение света водой, %		
	дистиллированной	водопроводной	озерной
0,5	4,4	17,4	
1,0	10,7	26,1	51,4
1,5	23,4	40,2	70,0
2,0	32,0	60,5	73,0
2,5	50,0	79,3	87,0
3,0	62,5	92,0	94,0

Поглощение света водой значительно ухудшает видимость в водной среде. Поглощение световой энергии осуществляется разными путями. Часть энергии, проходя через воду, превращается в другие виды энергии, например в теплоту. Еще большее влияние на степень видимости в воде оказывает рассеивание световой энергии. Кроме значительного молекулярного рассеивания огромное значение имеют рассеивание и поглощение света постоянно находящимися в воде взвешенными твердыми частицами, в результате чего возникает явление «дымки», уменьшающей прозрачность воды. Количество взвешенных

частиц значительно возрастает, особенно на малых глубинах вблизи береговой черты.

При больших коэффициентах поглощения и рассеивания света зрительные восприятия в воде далеко расположенных объектов становятся невозможными. При благоприятных метеорологических условиях (солнечный день, штиль) и прозрачной воде удовлетворительная освещенность, дающая водолазу возможность различать предметы на близком расстоянии, отмечается на глубинах до 50 м. Водолаз может ясно видеть предметы на расстоянии 5—6 м. На глубине 100 м водолаз может различать предметы только на очень близком расстоянии (1-2 м). На глубины более 100 м свет проникает настолько слабо, что даже в хорошую солнечную погоду водолаз практически находится в темноте. При неблагоприятных метеорологических условиях (пасмурная погода, шторм) освещенность под водой резко падает, видимость предметов на больших глубинах отсутствует, и водолаз без использования подводного светильника вынужден работать практически на ощупь. В морской воде, менее прозрачной по сравнению с океанской, в большей степени проявляется влияние «дымки», в связи с чем видимость предметов при естественном освещении прекращается уже на глубинах 40—60 м, а на Балтийском море — на значительно меньших глубинах. В некоторых случаях видимость измеряется всего лишь несколькими метрами или даже долями метра. При поглощении 95 % света на 1 м пути уменьшение освещенности идет настолько быстро, что даже при самых оптимальных условиях, например при освещенности в 50 000 — 100 000 лк, на поверхности воды в середине летнего дня на глубине 3 м она падает до 7—14 лк, а на глубине 4 м — до 0,3—0,6 лк, что соответствует освещенности в лунную ночь.

Наибольшая глубина, на которой с поверхности воды можно видеть погруженные под воду белые диски Секки диаметром 30 см, составила 67 м (в южной части Тихого океана). С увеличением глубины контраст между диском и водным фоном становится ниже порога различения. В Черном море вдали от берегов диски перестают различаться на глубине 25 м, в Балтийском море — на глубине от 7 до 13 м. В воде рек и озер диск может стать невидимым уже на глубине 0,5—1,5 м.

Поглощение лучей с различной длиной волны идет неравномерно. Красные лучи (длинноволновая часть видимого спектра) почти полностью поглощаются поверхностными слоями воды, зеленые лучи не проникают глубже 100 м, а коротковолновая часть (фиолетовые лучи) в наиболее прозрачной океанской воде может проникать на глубину до 1000—1500 м.

2.1.7. Влияние водной среды на функции зрительного анализатора

В водной среде из-за ее особых физических свойств изменяется деятельность зрительного анализатора. Помимо вышеизложенных факторов понижения освещенности и ухудшения видимости в воде это объясняется также характеристиками преломляющих сил водной среды и сред глаза.

Преломляющие среды глаза (роговица, влага передней камеры глаза, различные слои хрусталика и стекловидное тело) имеют разные коэффициенты преломления (рефракции). Общая преломляющая сила отдельных сред и всего глаза представляет собой арифметическую сумму положительных и отрицательных показателей силы преломления отдельных составляющих элементов. При аккомодации в состоянии покоя преломляющая сила глаза составляет около 62 диоптрий, из которых 43 диоптрии падает на долю роговицы и 19 — на долю хрусталика. Путем аккомодации преломляющая сила хрусталика может быть увеличена примерно на 10 диоптрий в возрасте 20 лет и на 4,5 диоптрий — в возрасте 40 лет. Такая преломляющая сила глаза при аккомодации в покое наблюдается только при проникновении световых лучей из воздушной среды, имеющей коэффициент преломления 1,0, в преломляющие среды глаза, имеющие коэффициент преломления от 1,336 до 1,406. В воде преломляющая сила резко уменьшается, поскольку коэффициент преломления воды (1,33299 при 20 °С и 760 мм рт.ст.) приближается к показателю преломления роговицы (1,376).

Преломляющая сила значительно утрачивается, и при непосредственном соприкосновении с водой глаз становится гиперметропическим в такой степени, что аккомодационные усилия не могут ее компенсировать. В результате все видимые в водной среде предметы проецируются на сетчатке в кругах светорассеяния, а острота зрения резко ухудшается (в 100—200 раз). Если глаз с нормальной остротой зрения способен воспринимать раздельно две точки при минимальном угловом расстоянии между ними, равном Γ (т.е. на расстоянии 50 см может различать нити толщиной около 0,05 мм), то в воде остаются невидимыми все объекты, толщина которых меньше 3—5 мм. При уменьшении освещенности, а также плохой контрастности между фоном и объектом острота зрения падает еще больше.

При непосредственном соприкосновении глаз с водой уменьшается также поле зрения. Это происходит вследствие уменьшения преломления световых лучей, попадающих в глаз из водной среды. При этом на краевых частях сетчатки уже не получается изображения тех точек внешнего пространства, которые проецируются на них в воздушной среде.

При наличии между водой и глазом воздушной прослойки преломляющая сила глаза полностью сохраняется, поскольку световые лучи проникают через стекла иллюминаторов или очков в глазные яблоки не из водной, а из воздушной среды. В этом случае уменьшение полей зрения связано с размерами иллюминатора или очков и расстоянием от них до глаза.

Наличие воздушной прослойки между водой и преломляющими средами глаза нарушает привычные представления о местоположении и величине предметов, находящихся в воде. Нарушение пространственного зрения связано с тем, что световые лучи, переходя из водной среды в воздушную, претерпевают преломление (явление рефракции), в результате чего предметы в воде воспринимаются увеличенными и приближенными примерно на $1/4$ (рис. 54), а при наблюдении сверху кажутся приподнятыми.

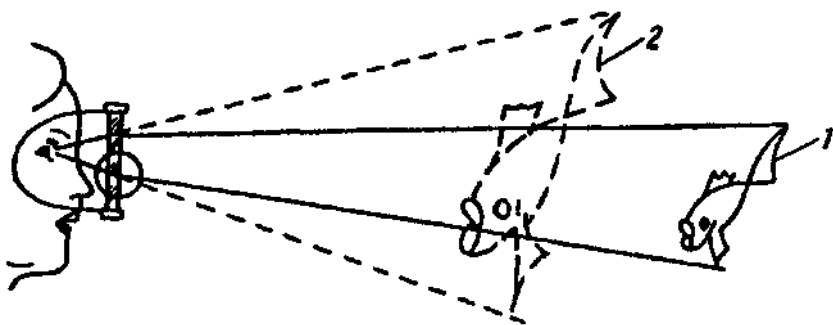


Рис. 54. Кажущееся изменение размеров и местоположения:
1 — предмет, 2 — мнимое изображение предмета

Расстояния между различными объектами воспринимаются неизменными. Расположение и величина предметов под водой после некоторой тренировки оцениваются более верно, чем при первых погружениях, что обусловлено образованием новых условнорефлекторных связей.

В исследованиях Б.И. Шанахина (1971) с участием 52 спортсменов-подводников (включая 40 мужчин) в возрасте от 15 до 25 лет и старше после выполнения упражнения по подводному плаванию выявлено отсутствие изменений поля зрения и понижение внутриглазного давления на 1-2 мм рт.ст. у большинства спортсменов (у 41 человека), что является положительным фактором, так как понижение внутриглазного давления или сохранение его исходных величин создает благоприятные условия для ликвидации кислородного голодания, испытываемого тканями глаз, когда спортсмен находится под водой.

2.1.8. Влияние водной среды на функции слухового анализатора

Функция слухового анализатора во время пребывания водолаза под водой изменяется в связи изменением соотношения между воздушной и костной проводимостью звуковых волн к внутреннему уху, а также с изменением скорости распространения звука в воде.

В воздушной среде у людей с нормальным состоянием звукопроводящего аппарата воздушная проводимость значительно преобладает над костной. При погружении человека в воду на первое место выступает костная проводимость. Это происходит в результате того, что акустическое сопротивление воды приближается к акустическому сопротивлению тканей организма, а потому при переходе звуковых колебаний из воды на кожный покров и кости черепа их потери значительно меньше, чем в воздушной среде. В связи с этим воздушная проводимость в воде практически исчезает. Сохраняются лишь слабые звуковые колебания, передаваемые водой воздушной прослойке, остающейся в наружном слуховом проходе.

Преобладание той или иной звукопроводимости зависит от типа водолазного снаряжения. При погружении под воду в вентилируемом скафандре с металлическим объемным шлемом, заполненным воздухом, звук воспринимается путем воздушной проводимости. Если голова подводного пловца или водолаза непосредственно соприкасается с водой или применяется плотно прилегающий шлем, то звук передается во внутреннее ухо посредством костной проводимости.

Поглощение звука в воде весьма незначительно. Отсюда большая дальность его распространения в воде по сравнению с воздухом. Источник звука мощностью 1 кВт слышится под водой на расстоянии до 35—40 км, в то время как на воздухе источник звука мощностью 100 кВт слышится на расстоянии до 15 км.

Поскольку звук распространяется в воде с меньшими потерями, чем в воздухе, при одной и той же физической силе звука он должен был бы доходить на более далекое расстояние, чем на поверхности. Однако у водолаза, одетого в скафандр, при переходе звуковой волны из воды через металл в воздушное подшлемное пространство значительная часть звуковой энергии теряется вследствие отражения звука. Кроме того, наличие в воде подводных объектов и фитопланктона сильно мешает распространению звука. Хорошему восприятию звука мешает также шум воздуха, подаваемого для вентиляции скафандра. Поэтому, несмотря на лучшие условия проведения звука под водой, в ряде случаев звук одной и той же силы в водной среде водолаз будет слышать даже хуже, чем в воздушной.

Звуки, генерируемые под водой, резко ослабляются при переходе в воздушную среду атмосферы. Переход звука из воздушной среды в водную сопровождается еще большей потерей звуковой энергии, так как 99,9 % ее отражается от раздела двух сред. Вследствие этого непосредственная связь между водолазом и персоналом, обеспечивающим спуск, без специальных технических средств невозможна.

Производимые под водой звуки могут быть восприняты человеком, частично погруженным в воду. При этом костная проводимость будет тем больше, чем меньше будет расстояние между погруженными частями тела и головой. Наибольшее усиление звука произойдет при погружении нижней части головы. При переходе звука из одной среды в другую меняется его частота. Характерно, что человек, погруженный в воду по шею, услышит дважды одиночный звук удара по металлическому предмету, частично погруженному в воду: первый короткий звук с более высоким тоном — подводный звук и второй, более длительный и низкочастотный — надводный.

Определение человеком направления на источник звука в воздушной среде основано, во-первых, на разности времени прихода звука в правое и левое ухо, во-вторых, на изменении интенсивности звука, воспринимаемого каждым ухом при различных углах поворота головы, в-третьих, на разности фаз звуковой волны. Лица, имеющие нормальный слух, могут определять местоположение источника звука с достаточно большой точностью. После некоторой тренировки средняя ошиб-

ка у большинства людей не превышает 3° , что соответствует разнице прихода звука в правое и левое ухо в $3 \cdot 10^{-5}$ с. У некоторых людей эта точность может доходить до 1° .

В водной среде условия для определения направления на генератор звука менее благоприятны, чем в воздушной. Вода является хорошим проводником звука. Средняя скорость распространения звука в морской воде составляет 1510-1550 м/с при 17°C , а в пресной воде - 1497 м/с при 25°C , т.е. скорость звука в воде примерно в 4,5 раза больше, чем в атмосфере (331 м/с при 0°C , 346 м/с при 25°C). Поэтому при одной и той же частоте колебаний длина звуковой волны увеличивается в 4—5 раз. Соответственно должна возрастать и величина ошибки с 3 до $12-15^\circ$. Однако наблюдения за водолазами показывают, что вместо этих теоретически ожидаемых значений величина ошибки достигает $80-100^\circ$ и даже 180° . Причина добавочной ошибки заключается в наличии вокруг головы объемного шлема, а при использовании мягкого шлема или непосредственном воздействии воды — в преобладании костной проводимости. Независимо от положения тела относительно источника звука звуковые волны доходят до обеих ушей практически одновременно. Звук воспринимается как бы слышимым со всех сторон или как бы происходящим внутри шлема. Даже у опытных водолазов отклонение от фактического направления на источник звука может составлять $90-100^\circ$. Нарушение бинаурального восприятия звука затрудняет ориентацию. Это значительно усложняет операции по поиску под водой источников излучения (буи, «черные ящики», учебные торпеды и т.д.).

2.1.9. Влияние водной среды на функции проприоцептивного и кожного анализаторов

Изменения функций проприоцептивного и кожного анализаторов у водолазов связано с уменьшением веса тела в водной среде (гипогравитацией), увеличением сопротивления плотной среды при движениях, использованием специальных грузов для погашения положительной плавучести, обжатием участков тела гидростатическим давлением, повышенной по сравнению с воздухом теплопроводностью и рядом других факторов.

Выраженные изменения происходят в деятельности двигательного анализатора. Резкое уменьшение веса тела в воде вызывает изменение афферентной импульсации от механо- и проприорецепторов кожи, мышц и суставов, что приводит к снижению чувствительности центров движения. На фоне значительного ухудшения временных и пространственных характеристик движения силовые показатели изменяются относительно мало, особенно при значительных усилиях. При компенсации гипогравитации грузами, адекватными типу снаряжения и способу его использования, пространственные характеристики движений могут быть почти полностью восстановлены. Высокая пластичность нервной системы позволяет организму водолаза или подводного пловца после соответствующей тренировки приспособиться к условиям вод-

ной среды. Чем больше стаж работы в водной среде, тем меньше нарушаются функции двигательного анализатора, а водолаз чувствует большую уверенность при различных ситуациях под водой. При одинаковом стаже работы известное значение имеют также уровень физического развития и степень физической подготовленности. У водолазов и спортсменов-подводников высокой квалификации проприоцептивная чувствительность нарушается меньше, чем у неподготовленных лиц.

Под водой изменяется также характер импульсов, поступающих в центральную нервную систему от кожных рецепторов. При погружениях в воду, имеющую температуру ниже 18 °С, особенно сильному раздражению подвергаются холодовые рецепторы кожного анализатора. Отмечается также повышение порогов болевой чувствительности, поэтому человек не всегда замечает повреждения тела, которые могут возникнуть во время его нахождения под водой.

2.2. Физико-химические и физиолого-гигиенические характеристики газов и дыхательных газовых смесей, применяемых для водолазных спусков на глубины до 60 м

Для спусков водолазов на малые и средние глубины используются кислород, 40 %-ная кислородно-азотная смесь (40 % КАС) и воздух. Кислород применяется в снаряжении с замкнутой схемой дыхания для проведения спусков на глубины до 20 м и в барокамере под давлением до 2 кгс/см² (20 м вод.ст.). 40 % КАС используется для спусков на глубины до 40 м в снаряжении с полужамкнутой или открытой схемой дыхания, а также в некоторых образцах снаряжения с замкнутой схемой дыхания. Воздух применяется для спусков в вентилируемом снаряжении и в снаряжении с открытой схемой дыхания (рабочие спуски на глубины до 60 м и спуски в аварийных ситуациях на глубины до 80 м), а также для спусков в барокамере (тренировочные спуски и лечебная рекompрессия) под давлением до 10 кгс/см² (100 м вод.ст.).

2.2.1. Физико-химические и физиолого-гигиенические характеристики воздуха

2.2.1.1. Историческая справка

Древнегреческий философ Анаксимен (VI век до н.э.) считал среди всех четырех «первоэлементов» (воды, огня, воздуха и земли) первоначалом воздух, который бесконечен, вечен и подвижен: сгущаясь, он образует облака, затем воду и, наконец, твердые тела.

Величайший ученый древности Аристотель (384–322 гг. до н.э.) высказал предположение, что воздух обладает массой, но не смог это доказать. Он ввел понятие «атмосфера» (по-гречески «атмос» - пар или дыхание, «сфера» — шар). В русский язык этот термин ввел М.В.Ломоносов.

Первые указания на то, что не весь воздух, а лишь его «активная» часть поддерживает горение, имеются в китайских рукописях VIII века.

В 1260 г. английский философ и естествоиспытатель Роджер Бэкон указал, что горение тел в закрытых сосудах прекращается из-за отсутствия воздуха.

Леонардо да Винчи (1452-1519) рассматривал воздух как смесь двух газов, лишь один из которых расходуется при горении и дыхании.

В 1560 г. Джiovани Баптиста ставил в Неаполе опыты, опровергавшие представления о невесомости атмосферы, однако, опасаясь инквизиции, он отказался от своих «еретических воззрений».

Галилео Галилей (1564—1642) взвесил воздух, доказав, что он обладает массой. Галилей установил, что сосуд со сжатым воздухом весит больше, чем с воздухом при обычном давлении. Он впервые высказал мысль о том, что воздух оказывает давление на поверхность Земли, применил закон Архимеда к воздуху, хотя ошибся в расчете плотности воздуха.

В 1620 г. голландский естествоиспытатель Ян Батист ван Гельмонт, изучая продукты горения, обнаружил пары, напоминающие воздух, но тем не менее отличающиеся от него. Он назвал их «хаосом», что, согласно фламандскому фонетическому строю, произносится как «газ». Этот термин объединяет в настоящее время все вещества, находящиеся в воздухообразном, т.е. газообразном, состоянии материи. До Яна Гельмонта единственным известным воздухообразным веществом был сам воздух.

В 1643 г. итальянский физик и математик Эванджелиста Торричелли показал, что воздух поддерживает столбик ртути высотой 28 дюймов (760 мм рт.ст.), причем высота столбика ртути не зависит от формы и размеров трубки, а, следовательно, определяется не весом ртутного столбика, а давлением у его основания. Так был изобретен барометр, открыто существование атмосферного давления и вакуума. Выяснилось, что газы имеют массу, но их плотность меньше, чем у жидких и твердых веществ. Торричелли заметил, что мы живем на дне воздушного океана.

В 1654 г. немецкий физик Отто фон Герике впервые публично в присутствии императора Фердинанда III продемонстрировал в Магдебурге существование атмосферного давления. Из медного шара, состоящего из двух полых полушарий, был выкачан воздух. С обеих сторон полушарий было впряжено по 8 лошадей. С первой попытки они с трудом разделили полушария, а после более тщательной откачки воздуха разъединить полушария уже не удалось.

В 1660—1662 гг. выдающийся английский ученый Роберт Бойль обратил внимание на то, что, чем сильнее сжимают воздух в закрытом сосуде, тем сильнее он сопротивляется сжатию. Это явление Бойль назвал «пружинистостью воздуха» и сформулировал первый газовый закон (зависимости объема и давления газа), который через 16 лет был заново открыт французом Эдмом Мариоттом. Бойль также создал первую барокамеру и объяснил принцип ее действия. Он установил, что в разреженной атмосфере процессы дыхания и горения значительно слабее.

В 1665 г. английский естествоиспытатель, изобретатель микроскопа Роберт Гук провел исследования по изучению роли воздуха в горении и предложил свою теорию этого процесса.

В 1668-1669 гг. английский врач Дж.Мейоу близко подошел к выводу, что дыхание - это обмен газов между воздухом и кровью.

В 1703 г. немецкий химик и врач Г.Э.Шталь предложил «флогистонную теорию», объяснявшую процесс горения выделением из тел особого, невидимого и невесомого вещества - флогистона («начала горючести»), а в 1723 г. детально развил представление об этом веществе.

В 1726 г. английский писатель и политический деятель Джонатан Свифт в сатирическом романе «Путешествия Гулливера» описал «универсального искусника» из Большой Академии Прожектеров страны Бальнибарри, часть из 50 помощников которого занималась тем, что «сгущала воздух в сухое и осязаемое вещество, извлекая из него селитру и процеживая его водянистые и текучие частицы». Это свидетельство того, что в то время идея практического использования воздуха казалась совершенно бессмысленной, поскольку, по словам английского химика и философа Уильяма Рамзая (1909 г.), «воздух рассматривали как настоящий хаос, в который стекались эманации Земли и звезд». Вместе с тем в отношении селитры Свифт оказался прозорливым: аммиачную селитру (NH_4NO_3) действительно получают из воздуха и воды.

В 1748 г. М.В.Ломоносов написал труд «Опыт теории упругости воздуха», в котором он объяснил упругость газов движением их частиц.

В 1754 г. шотландский химик и физик Джозеф Блэк впервые показал, что воздух не является простым веществом или элементом, как считал Р.Бойль, а состоит из собственно воздуха и углекислого газа.

В 1756 г. М.В.Ломоносов произвел опыты по обжиганию металла в закрытом сосуде, в результате которых опытным путем доказал сохранение вещества при химических реакциях и отметил роль воздуха в процессе горения. Наблюдаемое при обжигании увеличение массы металлов он объяснил соединением их воздухом. М.В.Ломоносов отказался от теории «флогистона», исключив его из числа химических агентов.

В конце XVIII века исследование газов приобрело широкий размах и даже составило новое направление, названное «пневматической химией».

В 1771 г. шведский химик и аптекарь Карл Вильгельм Шееле путем прокаливании селитры и других веществ получил «огненный воздух» (кислород), в котором все предметы горели ярче. В 1774 г. независимо от него английский химик и философ Джозеф Пристли, нагревая оксид ртути, вновь открыл кислород, названный им «дефлогистированным воздухом». Пристли отметил, что этот газ активно поддерживает горение, дает приятные ощущения при дыхании им («чувствовал себя легко и свободно»), но обнаружил, что животные, помещенные в среду данного газа, заболевают и гибнут.

В 1772 г. шотландский химик Даниэль Резерфорд сжигал на воздухе под стеклянным колпаком «углистые вещества», а образующуюся CO_2 связывал раствором едкой щелочи. Он нашел, что остающийся газ не поддерживает горения и дыхания. По поручению Д.Блэка Резерфорд поставил следующий опыт: в замкнутом объеме мышь дышала до смерти, затем там была зажжена свеча, которая горела до тех пор, пока не погасла. В оставшемся воздухе горел фосфор. После адсорбции углекис-

лого газа остаток не поддерживал горения. Этот газ был назван им «мefитическим (удушливым) воздухом». Были предложены и другие названия этого газа: «селитротвор», «алкалиген», В 1772–1773 гг. Карл В.Шее-ле вновь выделил этот газ, названный им «флогистированным воздухом», которому в 1787 г. А.Лавуазье дал название «азот» — безжизненный.

В 1775—1778 гг. французский физик и химик Антуан Лоран Лавуазье назвал «дефлогистированный воздух» кислородом, определил, что он составляет $\frac{1}{5}$ часть воздуха, установил жизненную необходимость кислорода для органического мира на Земле и факт выделения в процессе жизнедеятельности человека и животных углекислого газа, выяснил роль кислорода в процессах горения, обжигания металлов и дыхания. Он определил, что процесс дыхания сводится к окислению органических соединений кислородом, при этом «доброкачественная часть воздуха, пройдя через легкие, превращается в воздухообразную меловую кислоту». Лавуазье впервые установил, что при соприкосновении выделенного газа с темной венозной кровью она превращается в светлую артериальную. Он обнаружил, что зеленые растения «исправляют» воздух, испорченный дыханием. Так была окончательно опровергнута теория «флогистона». В дальнейшем Лавуазье и Клод Бернар установили, что в период пребывания животных в герметичных камерах содержание кислорода снижается, а углекислого газа возрастает. В 1783–1784 гг. Лавуазье и П.С.Лаплас, измерив количество тепла, освобождаемого в организме при потреблении кислорода, установили, что окислительные процессы дают одинаковое количество тепла как при окислении «углистых соединений» в организме, так и при сжигании их вне организма.

В 1781 г. английский физик и химик Генри Кавендиш определил состав воздуха, а в 1784 г. выпустил книгу «Опыты с воздухом».

В 1801—1803 гг. английский физик и химик Джон Дальтон открыл законы парциальных давлений газов и растворимости газов в жидкостях.

В 1802 г. выдающийся французский ученый Жозеф Луи Гей-Люссак опубликовал второй газовый закон, но настоял на том, чтобы закону было присвоено имя его соотечественника Жака Шарля, который получил аналогичные результаты еще в 1787 г., но не опубликовал их.

В 1803 г. английский ученый Уильям Генри установил зависимость количества газа, поглощенного жидкостью, от его давления, а в 1808 г. открыл зависимость растворимости газов в воде от температуры (закон Генри).

В 1823 г. издан труд российского гигиениста И.С.Веселовского «О загрязнении атмосферного воздуха, вредоносно действующих на живой человеческий организм».

В 1877 г. французский физик Л.П.Кайэте и швейцарский химик Амс Пикте впервые получили жидкий воздух.

В 1907 г. английский ученый Г.М.Вернон определил коэффициент растворения азота в жирах и воде.

В 1948 г. Н.В.Лазаревым введен термин «индифферентные газы» для обозначения элементов 8-й группы инертных газов (Ne — Xe), а также азота и водорода. В 1986 г. термин был уточнен И.А.Саповым, который назвал их «метаболически индифферентными газами».

2.2.1.2. Основные физико-химические свойства воздуха

Атмосферный воздух представляет собой смесь азота, кислорода, углекислого газа, аргона и других газов. Кроме того, в воздухе всегда содержится некоторое количество водяных паров.

Молекулярная масса сухого воздуха составляет 28,96, плотность равна 1,2928 г/л, растворимость в воде - 29,18 см³/л при 0 °С и 18,68 см³/л при +20 °С, температура кипения -193 °С.

Воздух имеет физические свойства, характерные для других газов. Газ состоит из молекул, имеющих ничтожные размеры по сравнению с объемом, занимаемым газом, поэтому расстояние между молекулами значительно превышает собственные размеры молекул. Силы притяжения между молекулами крайне малы, в связи с чем при различных расчетах используются законы (Бойля — Мариотта, Гей-Люссака и др.) и формулы для «идеальных газов», молекулы которых не обладают силами взаимного притяжения и при столкновении проявляют только силы упругого удара. Воздух и такие газы, как азот, кислород и гелий, приближаются к поведению идеальных газов, особенно при малых давлениях и высоких температурах. Молекулы газов находятся в непрерывном беспорядочном поступательном движении. Газы не имеют своего объема и формы, а принимают форму и занимают объем сосуда, в который их помещают. Они равномерно заполняют объем занимаемого сосуда, стремясь расшириться и занять возможно больший объем. Газы обладают малым удельным весом. Они имеют большую сжимаемость, поскольку при сжатии газа уменьшается лишь расстояние между молекулами, а сами молекулы при этом не сдавливают друг друга, что характерно для жидкостей. Давление газа (его упругость) является следствием совокупности ударов частиц газа о стенку сосуда. Среднее давление на единицу площади сосуда во времени практически не изменяется, поскольку, несмотря на хаотичность ударов молекул о стенки сосудов, число ударов исключительно велико, а сила единичных ударов очень мала. При сжатии газы нагреваются, а при расширении охлаждаются. Охлаждение газов происходит потому, что на их расширение затрачивается работа, а при отсутствии подвода тепла извне необходимая работа совершается за счет энергии движущихся частиц газа,

Таблица 3. Содержание газов в сухом чистом воздухе

Наименование газа	Содержание газов	
	в объемных процентах	в массовых процентах
Азот	78,084	75,51
Кислород	20,946	23,15
Углекислый газ	0,033	0,046
Аргон	0,934	1,28
Другие газы	0,033	0,014

в результате чего скорость их движения замедляется и температура снижается (эффект Джоуля — Томсона). Кроме молекул в атмосферном воздухе содержится небольшое количество положительно и отрицательно заряженных ионов.

Типовые расчеты при медико-санитарном обеспечении водолазных спусков, связанных с физическими свойствами газов, приведены в приложении 2.

В табл. 3 представлено содержание основных газов в сухом воздухе в объемных и массовых процентах. При расчетах состава воздуха и искусственных газовых смесей обычно учитываются объемные проценты.

К другим газам (см. табл. 3) относятся неон (содержание 18,0 мл в 1 м³ воздуха = 0,0018 %), гелий (5,2 мл), метан (2,2 мл), криптон (1,0 мл), азот (1,0 мл), водород (0,5 мл), ксенон (0,08 мл) и озон (0,01 мл).

Кроме того, в атмосфере находятся водяные пары, содержание которых в процентах от объема атмосферы у земной поверхности составляет от 0,00002 % в Антарктиде до 3 % в тропиках. В средних широтах количество водяных паров колеблется от 0,1 до 2,8 % в зависимости от сезона, климата и погоды. Воздух над океанами обычно близок к насыщению паром (относительная влажность 80 % и выше), поэтому достаточно небольшой разницы температур, чтобы пар начал оседать на металлических поверхностях, в жилых и служебных помещениях на судне.

Все большее значение в последнее время придается загрязнению атмосферного воздуха, которые бывают двух видов: естественные космические (из космоса и при извержениях вулканов) и антропогенные. Загрязнения подразделяются на пылевое, газовое, химическое, ароматическое и тепловое. В городах 70–80 % загрязнений приходится на транспорт. Из загрязнений от промышленных предприятий 34 % падает на металлургическую промышленность, 27 % — на ТЭЦ, 12 % — на нефтяную промышленность, 9 % — на химическую и 7 % — на газовую. В последние годы на первое место по загрязнению выдвигается сельское хозяйство. В воздухе жилой среды обнаруживается около 100 веществ, относящихся к разным классам химических соединений: предельные, непредельные и ароматические углеводороды, спирты, фенолы, простые и сложные эфиры, альдегиды, кетоны, гетероциклические соединения, аминокислоты и др.

Азот — химический элемент V группы периодической системы Менделеева, атомный номер 7, атомная масса 14,0067. Азот широко распространен в природе. В космосе он занимает 4-е место после водорода, гелия и кислорода. Живые организмы содержат около 0,3 % азота в соединениях. Азот состоит из двухатомных молекул (N₂) с молекулярной массой 28,016. Представляет собой бесцветный газ без запаха и вкуса. Плотность равна 1,2506 г/л, плотность по отношению к воздуху 0,9673. Температура плавления -210,02 °С, температура кипения -195,81 °С. Коэффициент растворимости атмосферного азота (вместе с аргоном и другими инертными газами) в воде при 20 °С составляет 0,016665, а при 38 °С он равен 0,0139. Растворимость азота в крови при 38 °С составляет 0,01253. Азот растворяется в воде вдвое хуже кислорода (при 20 °С в 1 л воды растворяется 15,4 мл азота и 31 мл кислорода), что определяет отношение кисло-

рода к азоту в воде 1 : 2, а не 1 : 4, как в воздухе. Природный азот состоит из двух стабильных изотопов: ^{14}N (99,635 %) и ^{15}N (0,365 %). По химическим свойствам азот весьма индифферентен (является в обычных условиях метаболически индифферентным газом). По прочности молекула азота почти не имеет равных. Чтобы разорвать ее на отдельные атомы, нужно затратить очень большую энергию. Для вступления в реакцию требуется воздействие высоких температур, облучения, катализаторов и др., вследствие чего молекула азота разрывается на атомы и может соединяться с кислородом (образует окислы азота), с водородом (получается аммиак), с некоторыми металлами и металлоидами, особенно в присутствии катализаторов. Азот является одним из биогенных элементов, входит в состав белков и нуклеиновых кислот.

Кислород — химический элемент IV группы, атомный номер 8, атомная масса 15,9994. Самый распространенный на Земле элемент (49 % массы всех элементов в природе), который в виде соединений входит в массу земной коры, состав воды (88,81 % по массе) и многих тканей живых организмов (около 70 % по массе). Повсеместно распространен в природе. В свободном виде встречается в двух модификациях: O_2 («обычный» кислород) и O_3 (озон). O_2 — бесцветный газ без запаха и вкуса с молекулярной массой 32,000. Плотность равна 1,42895 г/л, плотность по отношению к воздуху 1,033. Температура кипения составляет $-182,97^\circ\text{C}$. Коэффициент растворимости в воде при 20°C равен 0,03329, а в плазме крови при 37°C — 0,022. Природный кислород состоит из трех стабильных изотопов: ^{16}O (99,76 %), ^{17}O (0,048 %) и ^{18}O (0,20 %). Химически самый активный (после фтора) неметалл. В условиях обычной или высокой температуры кислород поддерживает горение горючих веществ, непосредственно взаимодействует при окислении, горении, тлении и т.д. с большинством элементов (почти со всеми веществами, кроме инертных газов, хлора, брома, йода, некоторых благородных металлов), как правило, с выделением энергии. При повышении температуры скорость окисления возрастает и может начаться горение. Животные и растения получают необходимую для жизни энергию за счет биологического окисления различных веществ кислородом, поступающим в организм при дыхании. Свободный кислород атмосферы сохраняется благодаря фотосинтезу растений.

Для дыхания водолазов под водой используется сжатый воздух, содержащийся в баллонах дыхательного аппарата или подаваемый от компрессора или водолазной помпы.

Сжатый воздух оказывает на организм водолаза механическое и биологическое действие.

2.2.1.3. Механическое действие на организм сжатого воздуха

Механическое действие сжатого воздуха идентично механическому действию водной среды с той лишь разницей, что при этом существует только объемное сжатие организма без воздействия неравномерного по высоте давления, характерного для водной среды.

Разность давлений может создаваться в газовых полостях организма при изменении давления окружающей газовой среды, а также в случае прилегания тела к устройствам барокамеры, через которые происходит выпуск из нее газовой среды. Создающаяся при этом разность давлений может вызывать травматические поражения прилегающих тканей. Чем больше разность давлений и меньше механическая прочность тканей, тем раньше проявляются повреждения и тем сильнее они бывают выражены. Разница давления в 0,5-1 кгс/см² может привести к чрезвычайно сильным травматическим повреждениям.

В организме человека имеются полости, содержащие воздух (среднее ухо и придаточные пазухи носа, легкие, желудочно-кишечный тракт), которые при нормальных условиях сообщаются с окружающей воздушной средой.

При нарушении проходимости евстахиевых труб или каналов придаточных пазух носа возникает разность давлений по обе стороны барабанной перепонки или в воздухоносных полостях по отношению к окружающему давлению, что может сопровождаться болями и даже травматическими повреждениями. Опыт водолазных погружений свидетельствует о том, что обученные и натренированные водолазы с нормальной проходимостью евстахиевых труб и каналов придаточных пазух носа могут безболезненно перенести скорость повышения давления до 5 кгс/см² в минуту и более.

Разность давления в легких по отношению к давлению окружающей газовой среды может, например, создаться при произвольной или непроизвольной задержке дыхания в период изменения давления в барокамере.

В случае повышения наружного давления воздух, попавший в желудочно-кишечный тракт при глотании пищи и образующийся при ее переваривании, уменьшается в объеме, что сопровождается уменьшением окружности живота. Если воздух попадает в желудочно-кишечный тракт или образуется в нем в период пребывания под давлением, то при последующем его снижении этот воздух будет увеличиваться в объеме и производить растяжение желудка и отрезков кишечника, что может сопровождаться болями.

Постоянство уровня воздушной подушки в скафандре (как правило, у нижнего края грудной клетки) поддерживается подачей необходимого количества воздуха с поверхности, работой головного травящего клапана, а также пропускной способностью травящих клапанов рубахи. При уменьшении объема воздуха в скафандре может возникнуть обжим верхней части тела, а также появляется вероятность падения водолаза на глубину, причем падение на малых глубинах представляет большую опасность в связи с большим перепадом давления, так как на этих глубинах объемные изменения газов более значительны, чем на больших глубинах.

В сжатом воздухе физические параметры воздуха, такие как плотность, теплоемкость, теплопроводность, скорость распространения звуковой волны и т.д., изменяются пропорционально величине давления. В процессе погружений под воду и тренировочных спусков в барокамере развивается адаптация организма человека к этим необычным для существования человека условиям.

2.2.1.4. Насыщение и рассасывание организма азотом

При существовании человека в земных условиях жидкости и ткани его организма насыщены азотом, кислородом, углекислым газом и в меньшей степени другими газами. При нормальном атмосферном давлении во всех тканях организма человека со средней массой тела (70 кг) содержится около 1000 см^3 (1 л) растворенного азота. При повышении окружающего давления, сопровождающемся ростом парциального давления того или иного индифферентного газа (в частности, азота), этот газ начинает растворяться в жидких средах и тканях организма. Растворение газа, иначе называемое процессом насыщения, будет происходить до тех пор, пока не установится динамическое равновесие между парциальным давлением данного индифферентного газа в альвеолярном воздухе и напряжением этого газа в растворенном состоянии в тканях организма. Основу процесса насыщения составляют физические законы растворимости газа в жидкости, т.е. коэффициент растворимости газа в жидкости, скорость диффузии, разность (или отношение) между величиной парциального давления данного газа над жидкостью и напряжением его в растворе, а также условия контакта газа с жидкостью. Переход молекул газа в раствор происходит путем обычной диффузии, дополненной активным физиологическим переносом газа с током крови. Каждый указанный параметр накладывает отпечаток на интенсивность процесса насыщения во времени и на количественную сторону этого сложного процесса.

Процесс насыщения организма индифферентным газом, как и обратный процесс рассасывания, весьма продолжителен. Считается, что сроки полного насыщения организма могут достигать 2—3 сут. Это было показано в опытах с определением кривой рассасывания организма от индифферентного газа при переключении на дыхание кислородом, в опытах с применением радиоактивных изотопов для определения динамики насыщения тканей организма, а также при определении сроков насыщения организма по декомпрессионной заболеваемости.

Путь, который проделывают молекулы индифферентного газа из внешней среды в организм при компрессии, может быть разделен на следующие этапы: альвеолярный воздух → кровь (капилляры малого круга) → кровь (капилляры большого круга) → межтканевая жидкость → клеточные элементы. При декомпрессии этот процесс идет в обратном направлении.

Схематично процесс насыщения организма протекает в определенной последовательности. Вдыхаемый индифферентный газ, парциальное давление которого превышает его напряжение в тканях, поступает в легкие, диффундирует через стенки альвеол, растворяется в артериальной крови, транспортируется кровью к тканям и через капиллярную стенку диффундирует в ткань. Освобожденная от избыточно растворенного индифферентного газа кровь по венозной системе возвра-

щается в легкие, где вновь насыщается индифферентным газом. Весь процесс насыщения идет путем диффузии индифферентного газа из зоны более высокого парциального давления в легких в зону более низкого напряжения в тканях. С каждым новым кругооборотом крови ткани сильнее насыщаются индифферентным газом и постепенно их насыщение становится равным парциальному давлению индифферентного газа во вдыхаемой газовой смеси.

В целях предупреждения декомпрессионной болезни подъем водолазов с глубины на поверхность производится по специальным режимам декомпрессии. Режимы составлены таким образом, что скорость снижения давления во времени обеспечивает в каждый отдельный момент декомпрессии удержание избыточно растворенного в крови и тканях индифферентного газа в состоянии пересыщенного раствора без образования газовых пузырьков. При спусках водолазов с использованием для дыхания сжатого воздуха применяются режимы декомпрессии, представленные в приложении 22.

Продолжительность декомпрессии по указанным режимам зависит от глубины спуска, времени пребывания водолаза на грунте и тяжести работы. Чем выше эти показатели, тем продолжительнее время декомпрессии. В случае кратковременного пребывания водолаза на грунте может производиться безостановочный подъем на поверхность (табл. 4).

При неадекватно быстрой декомпрессии в организме может возникнуть декомпрессионная болезнь — комплекс патологических процессов в результате образования свободного газа в тканях из-за их пересыщения индифферентными газами. Это патологическое состояние рассмотрено в разделе, посвященном описанию специфических и неспецифических заболеваний водолазов (см. п. 8.2).

Таблица 4. Глубина погружения и допустимое время пребывания на грунте при дыхании сжатым воздухом, позволяющие осуществлять безостановочный подъем со скоростью 6 м/мин

Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин
12	360
15	105
18	45
21	35
24	25
27	20
30-33	15
34-45	10
46-60	5

2.2.1.5. Насыщение организма кислородом

При спусках водолазов под воду или в барокамере с использованием для дыхания воздуха на организм водолаза помимо повышенного парциального давления азота действует также повышенное парциальное давление кислорода. Величины парциальных давлений кислорода в сжатом воздухе на различных глубинах (при различных величинах повышенного давления в барокамере) представлены в табл. 5.

Таблица 5. Парциальное давление кислорода в воздухе на поверхности моря и на различных глубинах
(при различных величинах повышенного давления в барокамере)

Глубина спуска под воду, м	Избыточное давление в барокамере, кгс/см ²	Парциальное давление кислорода в воздухе, кгс/см ²
0	0,0	0,21
10	1,0	0,42
20	2,0	0,63
30	3,0	0,84
40	4,0	1,05
50	5,0	1,26
60	6,0	1,47
70	7,0	1,68
80	8,0	1,89
—	9,0	2,09
—	10,0	2,30

Ежеминутно через альвеолы при дыхании воздухом проходит 250—350 мл кислорода в состоянии покоя и до 4500–5000 мл во время работы. При пребывании в воздушной среде в условиях нормального давления насыщение кислородом гемоглобина не достигает 100 %, а колеблется между 90,5 и 99,9 % вследствие шунтирования венозной крови в сосудах легких. Однако достаточно повысить парциальное давление кислорода во внешней среде на 0,1 кгс/см², чтобы гемоглобин стал полностью насыщенным кислородом. В процессе водолазного спуска поступление кислорода в организм происходит не только с помощью оксигемоглобина, но также за счет значительного дополнительного физического растворения кислорода в плазме крови. Этот процесс осуществляется в зависимости от величины парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе (закон Генри — Дальтона). Таким образом, дополнительное поступление кислорода в организм в гипербарических условиях происходит так же, как и транспорт кровью индифферентных газов. Однако главным и весьма существенным отли-

чем динамики распределения кислорода в организме является тот факт, что кислород постоянно потребляется в клеточных структурах организма и обратно из них в кровь не поступает (исключение из этого правила возможно в условиях снижения давления).

Известно, что 1 г чистого гемоглобина крови связывает $1,39 \text{ см}^3$ кислорода, превращаясь в оксигемоглобин. При содержании в 1 л крови 150 г гемоглобина в химической связи с ним находится 201 см^3 кислорода, а в 5 л крови — 1005 см^3 . Физически растворенного кислорода в 1 л крови содержится всего 3 см^3 , а в 5 л — 15 см^3 . Учитывая то, что потребление кислорода человеком в покое составляет $225\text{—}250 \text{ см}^3$ в 1 мин, физически растворенного кислорода для его доставки тканям явно недостаточно, а на долю гемоглобина приходится доставка не менее $210\text{—}253 \text{ см}^3$ в минуту.

При повышении парциального давления кислорода во внешней среде изменяется кислородный режим организма. При парциальном давлении кислорода 3 кгс/см^2 (абс.), т.е. при повышении его содержания во внешней среде в 15 раз по сравнению с воздухом, количество растворенного в плазме кислорода достигает 6 об.% ($15 \text{ см}^3 \cdot 15 = 225 \text{ см}^3$), что соответствует артериовенозной разнице и обеспечивает потребности организма без участия оксигемоглобина, который перестает диссоциировать. Пребывание в гипероксической среде приводит к увеличению напряжения кислорода в жидких средах организма: плазма крови — межтканевая жидкость — внутриклеточная среда. Кислородная емкость жидких сред увеличивается, поскольку возросший кислородный поток из крови превышает потребление кислорода в тканях. Венозная кровь артериализуется. Соотношение поступления кислорода и его потребления в разных тканях организма варьирует весьма значительно.

Процесс проникновения кислорода из внешней среды в организм человека физиологически организован посредством систем внешнего дыхания, кровообращения, крови и тканевого дыхания так, чтобы избежать кислородного голодания при возможных условиях и формах деятельности организма. В отличие от гипоксии гипероксия является новым биологическим фактором, не встречавшимся в филогенезе, и поэтому на избыточное проникновение кислорода не выработана специальная система регуляции. Ответная неспецифическая реакция, наступающая в условиях гипероксии, может рассматриваться как результат отраженной регуляции гипероксии — исключения постоянно действующего в обычных условиях «гипоксического управления».

Избыточно растворенный кислород, действуя на сосудистые и тканевые рецепторы, выступает как агент, вызывающий функциональную денервацию регуляторной системы, заставляя организм довольствоваться одним «гиперкапническим управлением». Кислород под давлением $2\text{—}3 \text{ кгс/см}^2$ оказывает не только рефлекторное, но и прямое угнетающее влияние на дыхательный центр. В итоге всех воздействий снижается уровень функционирования внешнего дыхания (урежение и углубление дыхания, снижение легочной вентиляции), общей гемодинамики (брадикардия, снижение сердечного выброса,

сужение сосудов, повышение периферического сопротивления, уменьшение скорости кровотока, депонирование крови), регионарной гемодинамики (сужение мозговых сосудов и замедление кровотока) и системы крови (эритропения, лимфопения). Все эти сдвиги, а также наступающая артериализация венозной крови приводят к затруднению выведения углекислого газа, росту его напряжения, а также содержания водородных ионов в крови, тканях и органах, в том числе в дыхательном центре. Гиперкапния, в свою очередь, активизирует функцию внешнего дыхания и гемодинамики, способствуя частичному восстановлению этих функций. Как отметил много лет назад Ф.И.Шидловский (1896), наступающее в гипероксической среде снижение функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем есть явление рефлекторное, нервное, указывающее на избыток кислорода в крови и на то, что более энергичная его доставка в тело становится излишней. Эту реакцию следует рассматривать как приспособительную, компенсаторную, направленную на то, чтобы уменьшить гуморальную генерализацию в организме избыточно растворенного кислорода, выступающего при определенных значениях его парциального давления как патогенное начало.

При водолазных спусках с использованием для дыхания воздуха патологическая реакция организма, связанная с действием повышенного парциального давления кислорода, как правило, не наступает. Эта реакция (отравление кислородом) рассмотрена в разделе, посвященном описанию специфических и неспецифических заболеваний водолазов (п. 8.10). Реакция организма на недостаток кислорода (кислородное голодание) представлена в п. 8.11.

2.2.1.6. Влияние сжатого воздуха на функции анализаторов и речеобразование

В гипербарической воздушной среде в связи с увеличением ее плотности изменяется скорость распространения звуковой волны. Известно, что для генерирования звуковой волны необходимо передать газовой среде периодические, следующие с определенной частотой импульсы сжатия и разрежения, вызывая в ней продольные колебания плотности, которые распространяются в форме волн. Звуковые колебания находятся в области частот 20 Гц - 20 кГц. Сила генерируемого звука (связанная с амплитудой колебаний) и скорость его распространения зависят от основных параметров газовой среды: давления, плотности и др. Чем больше плотность газовой среды при повышении давления, тем в большей степени требуется сжимать и разрежать среду, чтобы не снижалась сила генерируемого звука. Таким образом, происходит демпфирующее влияние гипербарической среды на процессы звукообразования. Кроме того, при изменении плотности среды происходит смещение звука по высоте.

Функции слухового анализатора, связанные с изменением акустических свойств гипербарической газовой среды, зависят в первую очередь от ее плотности и проявляются в форме обратимого повышения порогов

воздушной проводимости. Эти пороги изменяются пропорционально величине давления. В воздушной среде при давлении 10 кгс/см^2 максимальное понижение слуха на средних частотах составляет 30—40 дБ.

Ухудшение слухового восприятия при пребывании человека в гипербарической среде может быть связано не только с изменением ее акустических свойств, но и с ощущением заложенности в ушах вследствие затрудненного выравнивания давления или катарального воспаления верхних дыхательных путей, включая отечность тканей в районе глоточных отверстий евстахиевых труб. В еще большей мере, чем восприятие звуков в гипербарической среде, нарушается восприятие речи, особенно в гелиевой среде, поскольку речевой звукоряд не только трансформируется, но и искажается на низких частотах.

Изменение плотности и других свойств гипербарической газовой среды сказывается также на артикуляции. Разборчивость речевых сигналов по мере увеличения давления понижается на 50 % на каждые 6 кгс/см^2 . Резонансная частота голосового тракта, равная в нормальных условиях 150—200 Гц, возрастает как корень квадратный из плотности газа, достигая 350 Гц при 5 кгс/см^2 и 500–600 Гц при 10 кгс/см^2 .

Сохранение речевого общения лиц, находящихся в условиях гипербарической газовой среды, требует функциональной перестройки работы речевого аппарата и определенных навыков. При пребывании в воздушной среде требуется овладеть артикуляцией с более активными движениями речевого аппарата для образования привычных звуков, их распространения и создания резонанса. Опытные водолазы стараются не употреблять лишних слов, четко их произносить, предпочтительно пользуясь стандартным набором команд и докладов.

При длительном пребывании в кислородно-азотной среде первичные нарушения функции слухового анализатора наступают на вторые-третьи сутки экспозиции в форме симметричного повышения порогов воздушной проводимости в диапазоне звуковых частот 125—2000 Гц, а дальнейшие изменения слуха определяются динамикой развития отитов. В период длительного пребывания под повышенным давлением происходит переучивание речеобразования.

Функции зрительного анализатора не претерпевают выраженных изменений в гипербарической воздушной среде, а после двухнедельного пребывания под давлением отмечено существенное повышение порогов периферического зрения.

Определалось изменение вкусовых порогов: их повышение к сладкому и понижение к кислому. Отдельные случаи проявления угнетения обонятельного анализатора в гипербарической среде обычно связаны с гиперемией и воспалением слизистой оболочки носа.

2.2.1.7. Влияние сжатого воздуха на центральную нервную систему

Азот воздуха при повышенном давлении обладает наркотическим действием, клиническая картина которого определяется величиной его парциального давления и временем воздействия. Начальные измене-

ния функций центральной нервной системы (ЦНС) проявляются при давлении воздуха 3-4 кгс/см², характеризуются слабовыраженной эйфорией и снижением внимания без существенного нарушения умственной и физической работоспособности. С увеличением давления воздуха до 6 кгс/см² наркотическое действие азота становится более выраженным, но водолазы обычно продолжают сохранять общее хорошее самочувствие и почти нормальную работоспособность. При более высоких величинах давления отмечаются значительное снижение объема и устойчивости внимания, увеличение времени сенсомоторных реакций и увеличение числа ошибочных действий, уменьшение количества точных ответов, снижение объема кратковременной и долговременной памяти, увеличение размашистости движений. Эти изменения свидетельствуют об ухудшении качественной стороны умственной работоспособности вследствие нарушения регуляции основных нервных процессов (снижения силы внутреннего торможения и преобладания возбуждающих процессов). При этом значительно снижается возбудимость центров вегетативной иннервации с существенным преобладанием тонуса парасимпатического отдела. В ходе декомпрессии выраженность этих функциональных сдвигов прогрессивно уменьшается, а после окончания декомпрессии наступает практически полная нормализация, хотя в исследованиях обнаружено, что полное восстановление всех показателей происходит в течение ближайших часов после выхода из барокамеры.

Выраженность симптомов в значительной мере зависит также от индивидуальной чувствительности, тренированности к азотному наркозу, функционального состояния организма и т.д. Это состояние, напоминающее ту или иную стадию хирургического наркоза, представлено в п. 8.9.

Величины парциальных давлений азота в сжатом воздухе на различных глубинах (при различных величинах повышенного давления в барокамере) представлены в табл. 6.

Учитывая то, что на глубинах до 60 м максимальное парциальное давление азота составляет 5,6 кгс/см², при котором проявления азотного наркоза протекают у тренированных лиц в умеренно выраженной форме, эта глубина считается безопасной и является предельной глубиной для проведения рабочих водолазных спусков.

С целью поддержания адаптации организма водолазов к наркотическому действию азота и готовности к работе под водой с использованием для дыхания сжатого воздуха должны проводиться тренировки в барокамере под давлением 80 м вод.ст. Лица, допущенные к медицинскому обеспечению водолазных спусков, для поддержания готовности к оказанию медицинской помощи в условиях повышенного давления проходят тренировки в барокамере под давлением до 100 м вод.ст.

Действие на ЦНС повышенного до 2-3 кгс/см² парциального давления кислорода, содержащегося в воздухе, носит двухфазный характер. Субъективные ощущения человека в 1-й фазе (фазе активации) выражаются улучшением самочувствия и памяти. Улучшаются нейрометрические характеристики и психофизиологические возможности скорости

Таблица 6. Парциальные давления азота в воздухе на поверхности моря и на различных глубинах

(при различных величинах повышенного давления в барокамере)

Глубина спуска под воду, м	Избыточное давление в барокамере, кгс/см ²	Парциальное давление азота в воздухе, кгс/см ²
0	0,0	0,8
10	1,0	1,6
20	2,0	2,4
30	3,0	3,2
40	4,0	4,0
50	5,0	4,7
60	6,0	5,6
70	7,0	6,3
80	8,0	7,1
—	9,0	7,9
—	10,0	8,7

Примечание. При расчетах парциального давления азота воздуха обычно учитывают суммарное процентное содержание газов в воздухе за вычетом кислорода (100 - 20,9 - 79 %).

восприятия и переработки информации, сохраняются или улучшаются сложные формы умственной деятельности и тонкой координации движений. В частности, уменьшается латентный период сенсомоторных реакций, возрастают точность воспроизведения заданного мышечного усилия и скорость переработки информации, улучшаются показатели точности работы. С 45—60-й минуты наступает противоположно направленная реакция, при которой активация корковых функций сменяется фазой торможения.

2.2.1.8. Влияние сжатого воздуха на систему дыхания

Увеличение плотности сжатого воздуха оказывает повышенное сопротивление потоку газа в дыхательных путях.

Перемещение в дыхательных путях необходимого для вентиляции легких количества газа достигается созданием положительных и отрицательных градиентов окружающего барометрического давления и альвеолярного давления. Вентиляция легких может меняться от 6—8 до 120 л/мин при очень тяжелой физической нагрузке. Создаваемый в дыхательных путях конвективный газовый поток имеет сложную структуру, связанную с геометрией дыхательных путей. Вентиляция легких включает 3 разных физических процесса: турбулентный и ламинарный конвективные пото-

ки, а также диффузионный поток. Кроме усилий, затрачиваемых на создание перепадов давления для перемещения молекул газа (т.е. на преодоление неэластического сопротивления), усилия дыхательной мускулатуры идут также на преодоление эластической тяги легких, включающей действие сил поверхностного натяжения альвеолярной жидкости.

В гипербарических условиях эластическое сопротивление работе дыхания не претерпевает значительных сдвигов, однако увеличиваются усилия, требующиеся для перемещения в дыхательных путях газа, который содержит под давлением большее число молекул. Из всех компонентов вентиляционного потока наибольшее значение в повышении сопротивления дыханию имеет турбулентный поток, тогда как ламинарный и диффузионный потоки мало меняются в гипербарической среде. В результате сопротивление дыханию возрастает пропорционально повышению плотности с тенденцией к превышению сопротивления за счет перехода части потока из ламинарного движения в турбулентное.

В связи с повышением сопротивления дыханию в условиях повышенного давления воздуха в системе внешнего дыхания развиваются приспособительные реакции по следующей схеме: повышение плотности газовой среды → повышение сопротивления при перемещении газа в дыхательных путях → уменьшение вентиляции → задержка CO_2 в организме (повышение парциального давления CO_2 в альвеолах и напряжения CO_2 в артериальной крови) → возбуждение дыхательного центра → усиление работы дыхательных мышц → утомление дыхательной мускулатуры. Приспособительная реакция внешнего дыхания должна быть направлена на поддержание необходимого уровня вентиляции при минимальных затратах работы дыхания.

Практика водолазных спусков, а также многочисленные данные специальных исследований показывают, что при 5–6-кратном повышении сопротивления газовой среды люди переходят на ротовое дыхание, которое становится более редким и глубоким, а дыхательный цикл — более длительным и плавным. Тем самым система дыхания переходит на новый, более экономный режим функционирования. Путем такой адаптации дыхательная система организма получает возможность сохранять необходимую вентиляцию легких в гипербарических условиях при возрастающем сопротивлении дыхательных смесей, затрачивая значительно меньше усилий на перемещение газа, чем это требовалось бы при отсутствии адаптации.

Патологическая реакция системы внешнего дыхания в гипербарической газовой среде возникает в тех случаях, когда сопротивление плотной дыхательной смеси возрастает настолько, что превышает функциональные возможности дыхательной системы даже при запуске всех приспособительных реакций.

Значительные нарушения внешнего дыхания у человека в гипербарической среде были выявлены лишь в тех случаях, когда эффект повышенной плотности суммировался с нагрузкой на дыхательную мускулатуру, вызванную форсированным дыханием при тяжелой физической работе или при искусственной гипервентиляции. Наибольшие из-

менения при повышенной плотности претерпевает показатель максимальной вентиляции легких.

В исследованиях с применением тяжелой физической нагрузки в гипербарических условиях недостаточность внешнего дыхания проявлялась в необычной форме. Превалировали не явления гипоксии и гиперкапнии, а механические обструкционные поражения бронхиального дерева, напоминающие симптоматику астматических явлений у больных при нормальном атмосферном давлении. У здоровых испытуемых в гипербарической среде были установлены феномены «воздушной ловушки» и «динамической компрессии дыхательных путей». Если возросшее в гипербарической среде экспираторное усилие превышало давление внутри мелких бронхов, то выход воздуха из альвеолярных пространств прекращался. В результате этого во время физической работы под давлением 6 кгс/см² перестает функционировать до 50 % альвеол. Динамическая компрессия дыхательных путей может возникнуть также в нормальных условиях, если вентиляционный поток увеличивается до 6 л/с и возникает внутригрудное давление до 20—40 мм вод.ст. При 4-кратном повышении плотности воздушной среды (спуск на глубину 30 м) динамическая компрессия дыхательных путей возникает в тех случаях, когда вентиляционный поток достигает 2,8 л/с, а внутригрудное давление — 15 см вод.ст. Клиническим выражением процесса обструкции является тяжелое состояние, близкое к обмороку.

2.2.1.9. Влияние сжатого воздуха на сердечно-сосудистую систему

У взрослого человека сердце за день перекачивает около 10 000 л крови. Общая длина кровеносных сосудов в организме человека — примерно 100 тыс. км. Распределение крови в состоянии покоя: $\frac{1}{4}$ общего объема крови — в мышцах, еще $\frac{1}{4}$ — в почках, 15 % — в сосудах стенок кишечника, 10 % — в печени, 8 % — в мозге, 4 % — в коронарных сосудах, 13 % — в сосудах легких и других органов. За 1 мин через кожу проходит 460 мл крови.

В условиях повышенного давления воздуха наиболее часто реакция со стороны сердечно-сосудистой системы проявляется урежением частоты сердечных сокращений, которое может сохраняться во время декомпрессии и после ее окончания. Наблюдается снижение максимального артериального давления (АД) и повышение минимального АД, что приводит к уменьшению пульсового давления. С ростом величины давления газовой среды эти изменения становятся более выраженными. Часто возникает гипертоническая реакция на физическую нагрузку, что может свидетельствовать о недостаточном развитии компенсаторных реакций. Отмечаются также замедление скорости кровотока, уменьшение объема циркулирующей крови, ударного и особенно минутного объемов крови, что следует рассматривать как приспособительную реакцию на избыточное поступление кислорода.

Во время пребывания в гипербарической воздушной среде и после окончания спуска на электрокардиограмме выявляются синусовая арит-

мия, удлинение интервалов и комплексов R—R, P—Q, QRS и Q—T, увеличение систолического показателя, иногда экстрасистолия, отмечаются некоторое отклонение электрической оси сердца вправо, снижение вольтажа зубцов P, R и T, а также умеренное смещение сегмента S—T ниже или выше изолинии.

Полное восстановление изменений показателей сердечно-сосудистой системы происходит в течение первых часов или первых двух суток после окончания спусков.

Многие исследователи считают, что профессия водолаза связана с повышенным риском «изнашивания» сердечно-сосудистой системы и развития раннего поражения миокарда в форме кардиосклероза. Данные освидетельствований водолазов показывают, что эти опасения небезосновательны, поскольку у водолазов заболевания сердечно-сосудистой системы встречаются значительно чаще, чем у лиц других профессий.

2.2.1.10. Влияние сжатого воздуха на систему крови

При нахождении в условиях гипербарической воздушной среды под действием повышенного напряжения кислорода в крови наступают приспособительные изменения, направленные на уменьшение влияния гипероксии. Основные изменения при гипербарии наблюдаются со стороны красной крови. Уже на рубеже XIX-XX веков в исследованиях отечественных авторов была отмечена так называемая кессонная анемия. У водолазов и кессонных рабочих, находившихся в гипербарической воздушной среде, уменьшались количество эритроцитов и содержание гемоглобина, что можно связать главным образом с депонированием крови, а также со снижением эритропоэза и ускорением разрушения эритроцитов. Подтверждениями последнего предположения могут служить снижение осмотической стойкости эритроцитов, увеличение концентрации билирубина в крови и уробилина в моче. Было также выявлено исчезновение в крови эритропоэтина. В послеспусковой период отмечалось увеличение СОЭ, что может быть связано с увеличением количества физически растворенного кислорода в плазме и изменением соотношения белковых фракций крови.

Для картины белой крови после пребывания в условиях повышенного давления воздуха характерны появление лейкоцитоза, преимущественно за счет сегментоядерных нейтрофилов, сдвиг лейкоцитарной формулы влево с увеличением палочкоядерных и юных форм. Отмечаются снижение осмотической стойкости и фагоцитарной активности лейкоцитов, относительная и абсолютная эозинопения, иногда происходит увеличение индекса сегментации ядер нейтрофилов и появление зернистости в их протоплазме.

Незначительное пересыщение тканей организма индифферентным газом вызывает легко компенсируемую гипокоагуляцию в результате медленного образования тромбoplastина и тромбина, а также снижения его активности. При более значительном пересыщении отмечается гиперкоагуляция, которая проявляется ускорением перехода протромбина в тром-

бин, активацией тромбопластина, увеличением содержания фибриногена, тромбоцитов и уменьшением концентрации гепарина в крови.

При кратковременном действии повышенного давления изменения показателей системы крови нормализуются в течение 1—3 сут.

2.2.1.11. *Влияние сжатого воздуха на систему пищеварения*

В период пребывания под давлением водолазы часто предъявляют жалобы на сухость во рту, что связано с угнетением функций слюнных желез. Отмечается снижение секреторной функции желудка на пищевые раздражители при некотором возрастании кислотности желудочного сока, хотя дебит-час свободной соляной кислоты остается ниже исходных данных. В связи с этим переваривание белков, жиров и углеводов в условиях гипербарии ухудшается, что отмечается также и после окончания декомпрессии. Угнетение секреторной деятельности и пищеварения связано главным образом с нарушением нервно-рефлекторной фазы секреции.

Наблюдается также снижение секреции кишечного сока, сопровождающееся некоторым увеличением его переваривающей силы.

В условиях повышенного давления отмечается некоторое усиление моторной функции желудочно-кишечного тракта, что выражается повышением тонуса желудка и кишечника, а также усилением их опорожнения.

При проведении декомпрессии расширение газов в желудке и кишечнике вызывает усиление перистальтики, а также явления метеоризма. В связи с этим водолазам в период спусков не рекомендуется употреблять в пищу продукты, богатые клетчаткой и вызывающие усиленное газообразование (горох, фасоль, квашеную капусту и др.).

В условиях повышенного давления и после окончания спуска увеличивается спонтанное желчеотделение при некотором снижении концентрации желчи.

Выраженность указанных изменений находится в зависимости от величины давления и продолжительности воздействия, а их нормализация наступает в течение 2-3 сут после спуска.

2.2.1.12. *Влияние сжатого воздуха на выделительную систему*

Практика водолазных спусков свидетельствует о том, что в период пребывания под повышенным давлением и в течение некоторого времени после окончания спуска отмечается усиление диуреза.

В исследованиях на животных имеет место фазовая ответная реакция системы выделения в гипербарических условиях. Было установлено, что под действием давления воздуха 10—20 м вод.ст. отмечается уменьшение диуреза, связанное со снижением фильтрационной способности почек и уменьшением кровотока в них. При давлении 30—40 м вод.ст. диурез увеличивается на 20—30 % с возрастанием в моче содержания креатинина, мочевины и мочевой кислоты, что может объясняться повышением фильтрационной способности почек. Давление воздуха 40—

50 м вод.ст. приводит к увеличению диуреза в 2,5—3 раза с уменьшением относительной плотности мочи вследствие усиления почечной гемодинамики, скорости клубочковой фильтрации и значительного снижения канальцевой реабсорбции. Эта реакция рассматривается как компенсаторная в ответ на действие повышенного парциального давления кислорода, приводящая к улучшению основных показателей функции почек. При давлении 70—90 м вод.ст. значительно снижаются почечный кровоток и клубочковая фильтрация на фоне сниженной концентрационной способности канальцев, что ведет к снижению диуреза. Эта реакция признается компенсаторной, направленной против сдвига кислотно-основного состояния в сторону ацидоза при начальной стадии токсического действия кислорода, проявляющегося изменением функции клубочковых и канальцевых клеток с нарушением фильтрации, реабсорбции и повышением выведения электролитов.

Отмечено положительное влияние повторных спусков на адаптацию выделительной системы к повышенному давлению.

2.2.1.13. Влияние сжатого воздуха на обмен веществ и энергии

Основными причинами сдвигов обмена веществ в условиях повышенного давления воздуха являются изменения газообмена, дыхательной функции крови и кислотно-основного состояния.

Снижение газообмена приводит к изменению транспорта газов кровью, уменьшению потребления кислорода тканями, замедлению выведения и накоплению CO_2 в организме. В свою очередь, это приводит к угнетению окислительно-восстановительных процессов и появлению в организме недоокисленных продуктов.

Со стороны углеводного обмена отмечаются умеренная гипергликемия, значительное увеличение содержания молочной кислоты и уменьшение пировиноградной кислоты. Эти сдвиги связаны в основном с угнетением окислительно-восстановительных процессов и переходом к анаэробному окислению углеводов и приводят к значительному снижению энергообмена и физической работоспособности.

Изменения обмена белков проявляются некоторым повышением содержания общего белка крови в основном за счет глобулиновых фракций при уменьшении альбумино-глобулинового коэффициента. Увеличивается остаточный азот крови, существенно уменьшается выделение общего азота с мочой. Это может свидетельствовать о нарушении окисления белков.

В исследованиях на животных было показано, что после пребывания под повышенным давлением воздуха в крови в 1,5—2 раза повышается содержание общих липидов, особенно бета-липопротеидов, возрастает активность липазы крови, в крови появляются свободные жирные кислоты. Холестерин изменяется разнонаправленно, но чаще в сторону повышения. Значительно возрастает концентрация билирубина, его прямая и непрямая фракции, что свидетельствует о нарушении функции клеток печени и о повышенном разрушении эритроцитов.

Для водно-солевого обмена в условиях повышенного давления характерно некоторое уменьшение количества плазмы, концентрации калия, натрия и кальция в крови, а также увеличение их содержания в моче, что можно объяснить усилением почечного кровотока, клубочковой фильтрации и проницаемости капилляров.

Изучение витаминного обмена показало, что при воздействии повышенного давления воздуха почти вдвое уменьшается экскреция аскорбиновой кислоты, повышается выведение тиамина, рибофлавина и N-метилникотинамида, что можно рассматривать как преимущественно адаптационные сдвиги в тканевом обмене и течении окислительно-восстановительных процессов. Уменьшение экскреции аскорбиновой кислоты можно объяснить ее окислением и распадом в результате действия повышенного парциального давления кислорода, а повышенная экскреция витаминов группы В может быть связана с усиленным распадом соответствующих ферментов или с затруднением их синтеза. Указанные изменения витаминного обмена свидетельствуют о необходимости профилактической витаминизации водолазного состава и медицинского персонала, подвергающихся воздействию повышенного давления.

Весьма чувствительными к действию гипербарических факторов оказались ферментативно-гормональные системы. После воздействия повышенного давления значительно возрастают концентрации катехоламинов и оксикортикостероидов в крови, а также кортикостероидов в моче. Выраженное повышение активности аспартаттрансаминазы и аланинтрансаминазы свидетельствует о нарушении метаболизма в миокарде и печени. Наблюдаются также повышение активности лизосомных ферментов (кислой фосфатазы и рибонуклеазы) и снижение активности сывороточных гидролаз (пероксидазы, цитохромоксидазы, фосфорилазы и холинэстеразы), что в первую очередь является следствием нарушения тканевого дыхания. Каталаза крови при кратковременных воздействиях давления возрастает вследствие ускоренного разрушения эритроцитов, а при повторных воздействиях ее активность снижается, что может быть обусловлено образованием в организме свободных окислов, радикалов и перекисных соединений под действием повышенного парциального давления кислорода.

Большинство биохимических показателей возвращается к исходному уровню в течение 5—7 сут.

Работа водолазов под водой сопровождается весьма высокими энерготратами. Однако в межспусковой период основной обмен у большинства водолазов снижен на 15–30 % по сравнению со стандартами для данной категории лиц. Это различие становится более выраженным с увеличением производственного стажа.

2.2.1.14. Влияние сжатого воздуха на тепловое состояние

В сжатом воздухе изменяется теплообмен в сравнении с теплообменом в условиях нормального давления.

Организм человека поддерживает постоянную температуру тела, отличающуюся от внешней среды, на что специально расходуется энергия метаболических процессов. В плане терморегуляции организм может быть разделен на две части: сердцевину и оболочку. Сердцевина — это внутренние органы, ткани и среды, где поддерживается постоянная температура в узком диапазоне около 37 °С (пределом переносимости холода является снижение ректальной температуры на 2—3 °С). Оболочка представляет собой кожные покровы, подкожную клетчатку, мышечный слой, ткани конечностей, где тепло проводится от центра к периферии по тканям и с током крови, осуществляя тепловой обмен организма с внешней средой, как правило, холодной. В отличие от кожных покровов через дыхательные пути происходит не потеря тепла из центрального кровотока, а кондиционирование — обогрев и увлажнение выдыхаемого воздуха. Тепловой поток «организм — внешняя среда» является смешанным, постоянные компоненты его составляют конвекция, включающая теплопроводение (30 % от общих теплопотерь), тепловая радиация (45 %) и испарение жидкости (25 %). Конвекция, радиация и испарение с кожных покровов осуществляются непосредственно, а конвекция и испарение с воздухоносных путей и легких — через посредство акта дыхания. В обычных условиях дыхательный компонент потери тепла составляет 5—6 % от общих теплопотерь организма и достигает 104-116 Вт.

В результате повышения охлаждающего действия гипербарической среды комфортный для условий нормального давления диапазон температур сдвигается в сторону более высоких значений температуры. В случае отсутствия мероприятий по нормализации теплового состояния человека (коррекции температуры гипербарической среды или использования адекватной одежды) повышение теплопотерь с кожных покровов приводит к снижению температуры, в первую очередь конечностей. Возрастает градиент температуры кожи и ректальной температуры, что приводит к повышенному отводу тепла от внутренних органов и тканей к наружной оболочке. Определенную роль в динамике процесса охлаждения организма играют развитие жирового покрова, теплопроводность которого в 2 раза ниже мышечной, и интенсивность реакций периферических сосудов. Охлаждение внутренних органов существенно нарушает тепловой баланс организма и требует для согревания включения механизмов повышения теплопродукции. Под давлением значительно возрастают конвекционные потери с кожных покровов и даже при подогреве газовой среды, снижающем потери за счет радиации и испарения, общие теплопотери все же возрастают.

Особые соотношения создаются в дыхательной системе. Если в нормальной среде потери тепла за счет испарения приближаются к конвекционным теплопотерям, то в гипербарической среде начинают преобладать потери тепла конвекцией. Возрастает также общая доля теплопотерь с дыханием.

В ответ на охлаждение организма в гипербарической среде развиваются приспособительные реакции. Непосредственный физиологический ответ организма на охлаждение тела — сужение кожных сосудов. В ре-

зультате этой реакции создается относительная тепловая изоляция организма от внешней среды. Механизмы тепловой изоляции развиты неравномерно в разных частях тела. Первыми реагируют сосуды конечностей, и благодаря тому, что глубокие вены дублируют поверхностные, беспрепятственный отток крови сохраняется и при спазме поверхностных сосудов. Сосуды туловища сужаются в меньшей степени, что обуславливает большую потерю тепла. Сосуды головы практически не сужаются, и относительная местная потеря тепла здесь самая большая.

Однако, несмотря на глубокое охлаждение конечностей при определенных диапазонах температур внешней среды, центральная масса тела (сердцевина) остается теплой. Если же защитная сосудистая реакция оказывается недостаточной и температура головы и сердцевины туловища понижается, то организм может запустить второй приспособительный механизм — повышенный мышечный термогенез. Возрастает сократительная активность скелетных мышц, что проявляется в холодном треморе (холодовой дрожи). Включение механизма термогенеза приводит к росту общей теплопродукции организма в 2-5 раз: от 45-70 до 115-175 Вт/м² • °С.

Развивающиеся процессы направлены на то, чтобы восстановить общий тепловой баланс организма, компенсируя возросшие тепловые потери через кожные покровы и дыхательные пути.

2.2.2. Краткая физиолого-гигиеническая характеристика 40 %-ной кислородно-азотной смеси

Кислородно-азотная смесь (КАС), применяемая для дыхания водолазов на глубинах до 40 м, по физическим и физиологическим показателям идентична сжатому воздуху, за исключением следующего:

- содержание кислорода в КАС составляет 40 %. На глубине 40 м парциальное давление кислорода составляет 2,0 кгс/см² ($0,4 \cdot 5 = 2,0$). Следовательно, кислород на глубине 40 м будет оказывать более сильное действие по сравнению со спуском на глубину 60 м при дыхании воздухом;
- содержание азота в КАС составляет 60 %. На глубине 40 м парциальное давление кислорода составляет 3,0 кгс/см² ($0,6 \cdot 5 = 3,0$). Следовательно, наркотическое действие азота на глубине 40 м практически не будет проявляться.

В связи с тем, что в КАС содержание азота меньше, чем в воздухе, продолжительность режимов декомпрессии будет значительно короче, чем после спусков с использованием для дыхания воздуха. Кроме того, на идентичных глубинах спуска время пребывания под водой, не требующее проведения декомпрессии, будет больше, чем при спусках с использованием для дыхания воздуха (табл. 7).

В связи с тем, что на глубине 40 м парциальное давление кислорода составляет 2 кгс/см², из-за возможности проявления его токсического действия на организм водолаза максимальное время пребывания на грунте ограничено 80 мин, тогда как при спусках на глубину 40 м с использованием для дыхания воздуха это время составляет 145 мин.

Таблица 7. Глубина погружения и допустимое время пребывания на грунте при дыхании 40 % КАС, позволяющие осуществлять безостановочный подъем со скоростью 6 м/мин

Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин
21	180
24	105
27	60
30	45
33-36	35
39	25
40	20

2.2.3. Данные по применению кислорода при водолазных спусках

Кислород, применяемый для дыхания при спусках на глубины до 20 м, оказывает действие, подобное тому, которое представлено при рассмотрении характеристики воздушной среды, с учетом величины его парциального давления (см. п. 2.2.1.5).

Преимущество использования кислорода заключается в том, что он не требует проведения декомпрессии после спуска. Кроме того, в снаряжении с замкнутой схемой дыхания кислородом возможно скрытное передвижение под водой, что важно для спецподразделений военных водолазов. Спуски в этом снаряжении возможны на необорудованном участке акватории с маломерных, неприспособленных специально для спусков плавсредств, с использованием ограниченного перечня средств обеспечения спусков.

К недостаткам применения кислорода для дыхания водолазов относятся:

- ограничение глубины спусков 20 метрами;
- ограничение времени пребывания на грунте в связи с возможностью токсического действия кислорода;
- пожаро- и взрывоопасность;
- необходимость весьма тщательной и достаточно продолжительной подготовки к спуску;
- сложность подготовки и использования аппарата;
- более высокая опасность по сравнению с другими типами водолазного снаряжения появления специфических и неспецифических заболеваний водолазов (баротравмы легких, отравления кислородом и углекислым газом, кислородного голодания);
- появление сухости слизистых оболочек верхних дыхательных путей при дыхании кислородом.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОЛАЗНОГО СНАРЯЖЕНИЯ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ

3.1. Общие сведения

3.1.1. Для спусков под воду используется водолазная техника, которая состоит из водолазного снаряжения и средств обеспечения водолазных спусков, выполнения работы водолазов под водой, подъема их на поверхность и пребывания под повышенным давлением.

Под водолазным снаряжением понимается комплект устройств и изделий, надеваемых и закрепляемых на водолазе, обеспечивающий его жизнедеятельность под давлением окружающей водной и газовой среды.

К средствам обеспечения водолазных спусков относятся технические средства, обеспечивающие погружение водолазов (выход в воду), пребывание и работу на глубине, подъем с глубины и декомпрессию в воде или на поверхности (водолазные трапы; спусковые и ходовые концы; спускоподъемные устройства; водолазные барокамеры; водолазные колокола; средства газоснабжения, подводного освещения, связи, телевидения; подводные средства передвижения; измерительные приборы; средства очистки, осушки, регенерации и утилизации дыхательной газовой смеси; водолазный инструмент и т.п.).

Водолазное имущество — это собирательное название изделий водолазной техники, измерительных приборов и расходных материалов, необходимых для проведения водолазных спусков и поддержания водолазной техники в заданной готовности к применению.

Совокупность водолазной техники, конструктивно объединенной для обеспечения работ на заданной глубине, называется водолазным комплексом. Водолазные комплексы подразделяются:

- по глубинам использования — на водолазные комплексы для глубин до 60 м и глубоководные водолазные комплексы (ГВК);
- по методам проведения водолазных спусков — на водолазные комплексы для кратковременных погружений (КП) водолазов и водолазные комплексы длительного пребывания (ДП);
- по месту размещения — на судовые, передвижные и береговые;
- по особенностям проекта — на типовые, модульные и специальные.

3.1.2. Водолазное снаряжение подразделяется:

- по глубине использования — на снаряжение для малых глубин (до 12 м), для средних глубин (12—60 м) и глубоководное снаряжение (на глубины более 60 м);
- по давлению водяного столба на организм водолаза — жесткое, где давление водяного столба воспринимается корпусом снаряжения, и на мягкое, где давление водяного столба воспринимается водолазом;
- по способу обеспечения дыхательной газовой смесью — на автономное и шланговое;

- по способу поддержания требуемого состава дыхательной газовой смеси — на вентилируемое, с открытой схемой дыхания, с полузамкнутой и замкнутой схемами дыхания;
- по способу теплозащиты — с активным обогревом (электрообогрев, водогрев, химический обогрев и др.) и с пассивной теплозащитой (комплект шерстяного водолазного белья, утеплитель, меховые носки и т.п.);
- по способу защиты тела от воздействия окружающей среды — с полной изоляцией (водолазная рубашка, гидрокombineзоны и гидрокостюмы «сухого» типа: водо- и газонепроницаемые) и с частичной изоляцией (гидрокостюмы и гидрокombineзоны «мокрого» типа: водо- и газопроницаемые);
- по способу передвижения - плавательный вариант (комплект снаряжения, используемый для плавания под водой, в состав которого входят ножные ласты) и вариант хождения по грунту (снаряжение, в комплект которого входят водолазные галоши или боты).

Автономное водолазное снаряжение — это комплект водолазного снаряжения, обеспечивающий свободное передвижение под водой способом хождения и плавания. Основной частью снаряжения является дыхательный аппарат, обеспечивающий подачу воздуха для дыхания водолаза от баллонов аппарата.

Шланговое снаряжение - комплект водолазного снаряжения, обеспечивающий передвижение под водой способом хождения или плавания в пределах, ограниченных полусферой с радиусом, равным длине шланга). Воздух или дыхательная газовая смесь (ДГС) для дыхания водолаза подается с поверхности от системы воздухо- или газоснабжения по шлангу через дыхательный аппарат или непосредственно в шлем снаряжения. При наличии аварийного запаса воздуха (или ДГС) в баллонах он используется в случае прекращения газоснабжения по шлангу.

3.1.3. Водолазные барокамеры представляют собой прочные герметичные емкости, предназначенные для размещения и пребывания в них людей под повышенным давлением газовой среды.

3.1.4. В водолазной практике государственных предприятий (объединений, организаций, учреждений), частных фирм и совместных предприятий Российской Федерации для спусков водолазов в диапазоне глубин от 0 до 60 м используется вентилируемое водолазное снаряжение, снаряжение с открытой схемой дыхания (акваланги), полузамкнутой и замкнутой схемами дыхания. Все эти виды снаряжения относятся к мягкому типу, при использовании которого организм водолаза подвергается механическому давлению окружающей водной среды. Кроме этих типов водолазного снаряжения, обеспечивающего дыхание под водой и применяемого для профессиональных, любительских и спортивных спусков, для ныряния и плавания под водой на задержке дыхания, спортсмены и любители подводных погружений широко используют простейшее снаряжение — комплект № 1.

3.1.5. Водолазное снаряжение должно обеспечивать водолазу нормальное дыхание под водой, защиту от воздействия окружающей вод-

ной среды, теплозащиту, связь с поверхностью, а также возможность выполнения работы под водой и регулирования необходимой величины плавучести при спуске, проведении работы и подъеме на поверхность.

3.1.6. При спусках под воду в мягком типе водолазного снаряжения нормальное дыхание возможно лишь при условии подачи водолазу воздуха, дыхательной газовой смеси (ДГС) или кислорода под давлением, равным давлению окружающей водной среды или несколько его превышающим. Поэтому подача сжатого воздуха и ДГС производится в шлемы, маски или полумаски по шлангам с поверхности или из баллонов снаряжения, а кислорода — из баллонов аппарата или от стационарной дыхательной системы барокамеры.

3.1.7. Для изоляции от воды используют специальную водолазную одежду: водолазные рубахи, «сухие» и «мокрые» гидрокombineзоны и гидрокостюмы. Для обеспечения теплоизоляции под водолазную рубашу (гидрокombineзон) водолазы надевают специальное шерстяное водолазное белье, меховые или шерстяные чулки, шерстяную шапочку (феску) или подшлемник и перчатки. Используются также специальные средства пассивной теплозащиты (утеплители и теплозащитная одежда водолазов), а также средства активного обогрева (электрообогревательная одежда и костюмы водяного обогрева). Под гидрокостюмы надевают специальные утеплители.

За рубежом средства гидроизоляции делят на защитные гидрокостюмы, мокрые, полусухие и сухие гидрокостюмы.

3.1.8. При температуре воздуха 0°C и ниже, при положительной температуре воздуха и температуре воды ниже $+6^{\circ}\text{C}$, а также при спусках на глубину более 45 м водолаз должен надевать два комплекта водолазного белья или использовать специальные средства теплозащиты.

3.1.9. Связь с водолазами, работающими под водой, осуществляется главным образом с помощью проводных телефонов или гидроакустических подводных устройств, для чего в шлемах и масках снаряжения монтируется гарнитура из наушников, микрофонов или ларингофонов. Не допускается работа под водой без основной (разговорной кабельной или бескабельной) и дублирующей связи с водолазом.

3.1.10. Объекты водолазной техники должны быть зарегистрированы в органах технического надзора в порядке, установленном этими органами. Вопрос о регистрации в каждом конкретном случае рассматривается органами технического надзора.

В зависимости от размещения объектов их регистрацию и техническое освидетельствование осуществляют следующие органы технического надзора:

- Госгортехнадзор Российской Федерации — для объектов, размещенных на берегу;
- Российский морской регистр судоходства — для объектов, размещенных на морских судах;
- Российский речной регистр судоходства — для объектов, размещенных на речных судах.

3.1.11. Техническому освидетельствованию подлежат следующие объекты водолазной техники (зарегистрированные или незарегистрированные в органах технического надзора):

- водолазные барокамеры;
- спускоподъемные устройства;
- баллоны, предназначенные для хранения сжатых газов, в том числе малолитражные баллоны дыхательных аппаратов;
- грузоподъемные устройства, предназначенные для обеспечения водолазных спусков и работ;
- водолазные колокола, шлюзово-наблюдательные камеры и т.п.

Техническое освидетельствование объектов водолазной техники, зарегистрированной в органах технического надзора, должно производиться ответственными представителями этих органов, а незарегистрированных объектов - лицом, назначенным приказом по предприятию для осуществления контроля за безопасной эксплуатацией этих объектов.

3.2. Технические характеристики вентилируемого водолазного снаряжения

3.2.1. Под вентиляруемым водолазным снаряжением понимается такое снаряжение, в котором дыхание водолаза под водой обеспечивается непрерывной подачей с поверхности сжатого воздуха по шлангу в газовый объем снаряжения (подшлемное пространство), где воздух смешивается с продуктами дыхания водолаза и периодически вентилируется (вытравливается в воду). Стравливание излишка воздуха производится путем периодического открывания водолазом головного травящего клапана шлема. В зависимости от конструкции соединения шлема с водолазной рубашой традиционное вентиляруемое снаряжение подразделяется на трехболтовое, двенадцатиболтовое, комбинированное, облегченное вентиляруемое снаряжение (СВВ-86, СВВ-97) и новое водолазное снаряжение (НВС), а также импортные образцы вентиляруемого водолазного снаряжения.

3.2.2. Сопоставление технических характеристик современного трехболтового и двенадцатиболтового водолазного снаряжения приведено в табл. 8.

3.2.3. Трехболтовое водолазное снаряжение (рис. 55) применяется для выполнения аварийно-спасательных, судоподъемных и других работ на глубинах до 60 м. Им комплектуются водолазные станции морских и рейдовых водолазных ботов, спасательных судов и буксиров, а также других плавсредств водолазного обеспечения. В этом снаряжении шлем, рубашу и манишку соединяют тремя болтами, что обеспечивает высокую надежность сборки и водонепроницаемость.

Двенадцатиболтовое водолазное снаряжение используется на глубинах до 25 м главным образом для выполнения работ на озерах и реках. По комплектации узлов оно не отличается от трехболтового снаряжения. Отличие этого снаряжения от трехболтового состоит в конструкции соединения шлема, манишки и водолазной рубашки.

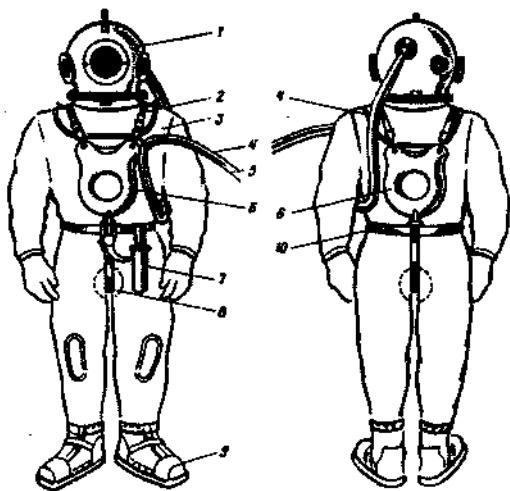


Рис. 55. Трехболтовое водолазное снаряжение:
1 — шлем, 2 — плечевой ремень, 3 — водолазная рубаша, 4 — воздушный шланг, 5 — кабель-сигнал, 6 — передний и задний грузы, 7 — нож, 8 — нижний брас, 9 — галоши, 10 — пояс с карабином

3.2.4. Основными частями трех-, двенадцати-болтового и комбинированного вентилируемого снаряжения являются: шлем с манишкой, водолазная рубаша, водолазные грузы, водолазные галоши, нож, водолазный шланг или шланг-кабель, сигнальный конец или кабель-сигнал и водолазное белье.

3.2.5. Водолазный шлем образует воздушный объем, в котором дышит водолаз, и защищает его голову от воздействия воды и ушибов при работе под водой, а также для защиты глаз от лучей при электросварке путем установки светофильтра. Шлем присоединяется

к манишке, расположенной на плечах водолаза. Манишка служит для герметичного соединения шлема с водолазной рубашой и размещения плечевых брасов. Все шлемы (кроме шлема ДМ220/2) изготавливают из листовой отожженной меди марки МЗ толщиной 1-1,5 мм вручную или полумеханическим способом. Металлические шлемы имеют по 3 иллюминатора (передний и два боковых). Внутри шлема любой конструкции размещено переговорное устройство, на корпусе шлема имеются воздушный ввод с невозвратным предохранительным клапаном, телефонный ввод и головной травящий клапан. Невозвратный клапан предотвращает стравливание воздуха из скафандра в случае разрыва водолазного шланга. Головной травящий клапан шлема предназначен для периодического вытравливания воздуха из скафандра с целью его вентиляции и регулирования плавучести водолаза. Клапан приводится в действие путем нажатия на его шток головой. Головной клапан может также открыться самостоятельно при избыточном давлении в скафандре более $0,1 \text{ кгс/см}^2$. Срок службы шлемов — 9 лет.

3.2.6. Вначале в трехболтовом водолазном снаряжении применялся шлем Ш-3, а затем его модификации: шлем УВС-50 (усовершенствованный водолазный скафандр) и шлем УВС-50М (рис. 56).

В шлеме УВС-50 в отличие от предыдущей модели изменены конструкции телефонного и воздушного вводов, объединенных в один корпус. Внутри шлема для защиты головы водолаза от прямой струи подаваемого воздуха установлен щиток, направляющий поток воздуха к переднему иллюминатору, что обеспечивает также подачу свежего воздуха для дыхания ближе к ротовой полости и уменьшает возможность за-

Таблица 8. Технические характеристики стандартных комплектов трехболтового и двенадцатиболтового водолазного снаряжения

Показатели	Вид снаряжения	
	трехболтовое	двенадцатиболтовое
Рабочая глубина погружения, м	60	25
Масса снаряжения, надеваемого на водолаза, кг	80	85
Тип шлема	УВС-50М	Ш-12
Масса шлема с манишкой, кг	18,5	20,0
Масса водолазных грузов, кг	32,0	32,0
Масса пары водолазных галош, кг	21,0	21,0
Типы водолазных рубаш	ВР-3	ВР-12
Газовый объем скафандра при нулевой плавучести, л	40	30
Отрицательная плавучесть водолаза при полном обжатии скафандра, кгс	40–50	30–40
Положительная плавучесть водолаза при полном раздутии скафандра, кгс	15–20	10–15
Средний расход сжатого воздуха на вентиляцию при работе, л/мин:		
— легкой	60	45
— средней тяжести	80	60
— тяжелой	до 150	до 100

потевания переднего иллюминатора. На внутренней части воздушного ввода установлен невозвратный предохранительный клапан пружинно-тарельчатого типа, который предотвращает стравливание воздуха из скафандра при обрыве шланга. Применявшийся в старой конструкции шлема клапан резиноотворотного типа был недостаточно надежным.

В шлеме УВС-50М в отличие от УВС-50 имеется рым в виде скобы для подвеса шлема при одевании и раздевании, а также для подъема при появлении аварийной ситуации с водолазом. Микрофон помещен в специальное гнездо внутри шлема. Щиток подачи воздуха внутри шлема выполнен съемным.

3.2.7. В двенадцатиболтовом снаряжении применяются шлемы Ш-12 и ДМ220/2.

Шлем Ш-12 (рис. 57) двенадцатиболтового снаряжения отличается от трехболтового тем, что соединяется с манишкой не болтами, а фланцем с секторной резьбой. Это позволяет быстро, поворотом шлема на 60°, при-

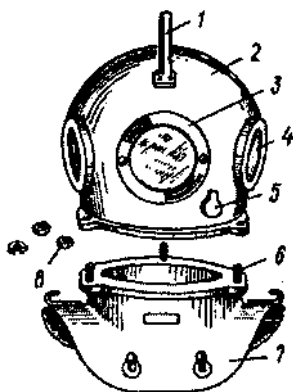


Рис. 56. Шлем УВС-50М:

- 1 — подъемный рым, 2 — котелок,
3 — передний иллюминатор,
4 — боковой иллюминатор, 5 — гнездо
микрофона, 6 — болт, 7 — манишка,
8 — гайки

чем у медных шлемов (3 мм против 12 мм). С использованием этого шлема можно спускаться до глубины 50 м, вдвое большей, чем со шлемом Ш-12.

Двенадцатиболтовое снаряжение по сравнению с трехболтовым имеет свои преимущества и недостатки. Оно просто и легко надевается. Шлем быстро отсоединяется от манишки, что удобно для кратковременного отдыха водолаза с выходом на трап без раздевания. Воротник хорошо защищает водолаза от стекающей со шлема конденсированной влаги. Но в этом снаряжении трудно достигать полной водонепроницаемости соединения шлема с манишкой и манишки с рубахой, в связи с чем снаряжение не применяется при спусках на средние и большие глубины.

3.2.8. Комбинированный шлем марки ШВК (рис. 58) имеет котелок, который 3 болтами соединяется с манишкой, а у манишки имеется 12 шпилек с накидными планками. Это позволяет использовать данный шлем как с трехболтовой водолазной рубахой ВР-3 (или ВРЭ-3), так и с двенадцатиболтовой рубахой ВР-12. Глубина водолазного спуска зависит от типа применяемой рубахи (60 м или 25 м соответственно).

3.2.9. Водолазная рубаха изолирует водолаза от воды, снижает теплотери и защищает тело водолаза от возможных травм. Для трехболтового снаряжения применяются рубахи ВР-3 и ВРЭ-3, а для двенадцатиболтового - ВР-12. Рубахи ВР-3 и ВР-12 изготавливаются из трехслойной прорезиненной материи (тифтик, доместик и шелковистая резина), а ВРЭ-3 — из ткани на капроновой основе. Рукава зимних рубах оканчиваются приклеенными рукавицами, а летних — эластичными манжетами, плотно обтягивающими запястья рук. Рубахи изготавливаются трех ростов. Они сохраняют свои свойства при температурах окружающего воздуха от -30 до $+30$ °С. На рубахе размещаются травяще-предохранительные клапаны (рис. 59). Эти клапаны

соединять его к манишке и снимать. Плотность соединения шлема с манишкой обеспечивается кольцевой кожаной прокладкой, а от самоотвинчивания с резьбы манишки предохраняет стопорный винт с барашком в задней части фланца шлема. Манишка шлема по периметру имеет усиленную (утолщенную) планку с 12 болтами, на которых с помощью накладных планок и барашков крепится фланец водолазной рубахи.

Шлем ДМ220/2 изготавливают из пластмассы (армированной стекловолокном полиэфирной смолы), покрытой изнутри пищевой краской. Вместо боковых имеется верхний иллюминатор. Толщина стеклo иллюминаторов в 4 раза меньше,

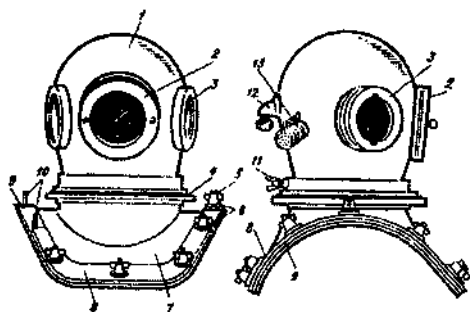


Рис. 57. Шлем Ш-12:

1 — котелок, 2, 3 — иллюминаторы, 4 — кожаная прокладка, 5 — барашки, 6 — латунные шайбы, 7 — манишка, 8 — накладные пластинки, 9 — усильтельная планка, 10 — болты (шпильки), 11 — стопор (винт с барашком), 12 — воздухо-телефонный ввод, 13 — головной травящий клапан

служат для автоматического вытравливания под водой излишков воздуха из скафандра, предохраняя рубаху от разрыва, а водолаза от случайного всплытия. Пропускная способность клапана составляет не менее 100 л/мин при избыточном давлении в рубахе $0,013\text{--}0,022\text{ кгс/см}^2$. При необходимости обеспечения усиленной вентиляции скафандра (при работах на глубинах более 45 м) на водолазной рубахе устанавливаются два травяще-предохранительных клапана: передний - на груди справа и задний — на уровне лопатки слева. Однако из-за естественного наклона тела водолаза вперед в период пребывания под водой действие переднего клапана малоэффективно. Испытательное давление водолазных рубах — $0,2\text{ кгс/см}^2$, масса рубах ВР-3 и ВР-12 — около 8 кг, а рубахи ВРЭ-3 — 6 кг. Рубахи ВР-3 и ВР-12 бывают трех ростов: 1-й — для водолазов ростом до 165 см, 2-й — ростом до 175 см и 3-й — ростом до 185 см. Рубахи ВРЭ-3 изготавливаются двух ростов: 1-й — для водолазов ростом до 185 см и 2-й — большего роста.

3.2.10. Объем водолаза, одетого в снаряжение, увеличивается на $30\text{--}90\text{ дм}^3$ в зависимости от вида водолазного снаряжения и объема воздуха в ска-

фандре. Для погашения положительной плавучести вес водолаза должен быть больше веса воды, вытесненной водолазом, одетым в снаряжение. Для увеличения веса водолаза используются водолазные грузы и галоши, которые нейтрализуют положительную плавучесть (подъемную силу) и придают ему необходимую остойчивость под водой. Грузы и галоши рассчитаны так, чтобы водолаз при работе мог находиться на фунте, не всплывая, и при этом его вес в снаряжении (отрицательная плавучесть) был больше веса вытесненной им воды и составлял от 3 до 8 кгс.

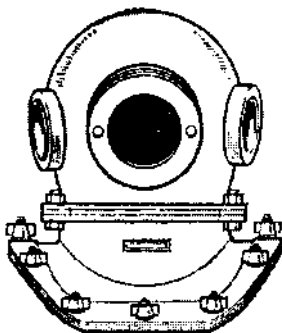


Рис. 58. Комбинированный водолазный шлем ШВК

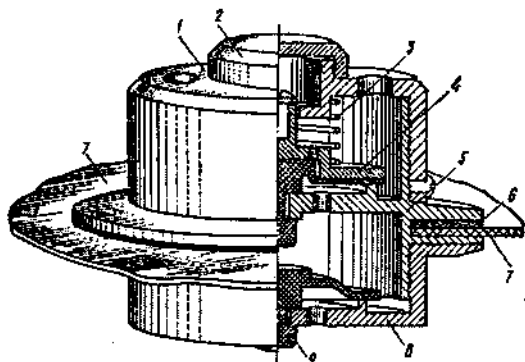


Рис. 59. Травяще-предохранительный клапан ПВ-059:

- 1 - решетчатая крышка, 2 - защитная крышка,
- 3 — пружина, 4 — тарелка клапана, 5 — корпус с седлом второго клапана, 6 — резиновая прокладка,
- 7 — водолазная рубаша, 8 - гайка с седлом первого клапана, 9 — первый клапан

сы) или 23 кг (утяжеленные). Каждая галоша имеет свинцовую подошву, латунный носок и кожаный задник, которые крепятся на деревянной стельке. На ней же закреплен верх галоши из прорезиненной толстой ткани. Обычно применяются безразмерные галоши.

Утяжеленные грузы и галоши используются при работах на течении и на глубинах более 45 м, а также при спусках в жидкости с очень большой плотностью, например на заиленный грунт или в очень мутную воду строящейся шахты. Напротив, при спуске в нефть и другие жидкости, плотность которых меньше плотности воды, требуется уменьшить массу грузов.

3.2.11. Водолазный пояс изготовлен из прорезиненной прочной ткани. На нем спереди закрепляются нож и поводок с карабином для сигнального конца.

3.2.12. Сигнальный конец или кабель-сигнал, закрепленные на водолазе, служат дублирующим средством связи с водолазом, а также предназначены для поддержания водолаза во время спуска, передвижения по грунту и подъема на поверхность. Сигнальный конец должен быть цельным и не иметь сращений, на одном его конце должен быть огон для крепления за прочную часть судна, на другом — кольцо для крепления за карабин на водолажном поясе или огон для надевания сигнального конца на талию водолаза. Кабель-сигнал совмещает в себе функции сигнального конца и телефонного кабеля, что облегчает обслуживание водолаза, а его рифленая резиновая поверхность облегчает удержание в руках. Сигнальный конец надевают на талию водолаза петлей или закрепляют с помощью карабина к водолажному поясу.

3.2.13. Водолазный нож предназначен для перерезания воздушных шлангов, растительных и синтетических концов в случае запутывания

Грузы, представляющие собой две свинцовые или чугунные отливки массой 16 кг (утяжеленные — 18 кг) каждая, крепятся двумя плечевыми ремнями поверх манишки и нижним брасом, который пропускается между ног водолаза и застегивается пряжкой у переднего груза. Расположение заднего груза несколько ниже переднего придает водолазу наклон вперед и облегчает его передвижение.

Пара водолазных галош имеет общую массу 21 кг (нормальной массы)

водолаза, проволоки, тканей и других материалов, а также для защиты от морских хищников.

3.2.14. Водолазные шланги служат для подачи воздуха в скафандр и представляют собой гибкие резинотканевые трубопроводы. Шланг-кабель представляет собой шланг с подвязанным к нему кабелем. Наиболее часто применяются длинномерные водолазные шланги, изготавливаемые из светомаслостойкой резины бездорновым способом. Три внутренние синтетические оплетки обеспечивают не только высокое рабочее давление, но и восприятие продольной нагрузки. Длина колена шланга составляет 100—150 м, рабочее давление — 50 кгс/см². Шланги типа В-50-8,5 имеют наружный диаметр 25 мм, внутренний — 8,5 мм и испытывают осевую нагрузку 200 кгс. Шланги типа В-50-12 при наружном диаметре 28 мм имеют внутренний диаметр 12 мм и рассчитаны на осевую нагрузку 250 кгс.

Шланговые соединения, изготавливаемые из латуни, бывают разъемными и неразъемными.

3.2.15. Теплозащитная одежда предназначена для уменьшения теплотерь водолаза, работающего под водой, и защиты кожных покровов от потертостей. В качестве теплозащитной одежды используются водолазное белье, меховые изделия и поролоновый утеплитель.

В комплект водолазного белья входят шерстяное белье (свитер, рейтузы, феска или подшлемник, двупалые варежки или пятипалые перчатки, носки, чулки), а также меховые носки и чулки из овечьих или собачьих шкур, которые дополнительно надеваются поверх водолазного белья при низкой температуре воды. Водолазное белье вяжется из шерстяных ниток с добавлением для прочности хлопчатобумажных нитей. Под водолазное белье надевается нательное белье.

Поролоновый утеплитель представляет собой комбинезон, изготовленный из поролонa с двухсторонней капроновой обкладкой. Штаны утеплителя оканчиваются мягкими чулками, рукава открытые. Подшлемник изготавливается отдельно от утеплителя.

3.2.16. Новое водолазное снаряжение НВС (рис. 60) разработано по заказу Государственной морской спасательной службы Департамента морского транспорта для замены трех- и двенадцатиболтового снаряжения. НВС представляет собой вентилируемое снаряжение для выполнения подводных работ на глубинах до 60 м при постоянной подаче воздуха от компрессора и на глубинах до 20 м при использовании 3-цилиндровой водолазной помпы.



Рис. 60. Новое водолазное снаряжение

В рабочем режиме подача воздуха производится по шлангу при давлении 3 кгс/см². Водолаз может вручную регулировать подачу воздуха в пределах от 30 до 250 л/мин. В аварийном режиме (при прекращении или уменьшении подачи воздуха с поверхности) водолаз вручную переходит на подачу воздуха от баллонов аварийного запаса и может регулировать подачу в пределах от 10 до 100 л/мин. Регулируемые подача и вытравливание воздуха в снаряжении позволяют обеспечить желаемые плавучесть и остойчивость, свести к минимуму опасность проваливания на глубину и неконтролируемого всплытия, уменьшают риск отравления углекислым газом за счет улучшения вентиляции подшлемного пространства в сопоставлении с традиционным вентилируемым снаряжением. При необходимости аварийный запас воздуха можно использовать для увеличения положительной плавучести.

Быстросъемный водолазный шлем ШВС изготовлен из экологически чистого слоистого материала (полимерной смолы), надежно и герметично крепится к шейному кольцу простой конструкцией с секторной резьбой и стопором. Надевание и снятие шлема производится за несколько секунд. Шейное кольцо имеет достаточный внутренний диаметр, позволяющий свободно надевать и снимать шлем и гидрозащитную одежду. Отсутствие манишки увеличивает подвижность и дает возможность работать с поднятыми руками. Несъемный панорамный ударостойкий иллюминатор толщиной 8 мм, позволяющий водолазу видеть почти под всеми углами зрения, не преломляет лучи света, а его прозрачность соответствует прозрачности минерального стекла. Для предохранения стекла от ударов при работе в стесненных условиях и при плохой видимости по контуру иллюминатора установлен решетчатый металлический козырек. В шлеме размещены устройства подачи и регулирования воздуха в рабочем и аварийном режимах, головной травящий клапан, устройство обдува стекла иллюминатора для предотвращения его запотевания. Имеются противозумовая система для защиты от звука поступающего воздуха и воздухонаправляющий щиток в затылочной части шлема. Головной травящий клапан вытравливает воздух в двух режимах: принудительном (нажатием головой) и автоматическом. Предусмотрена тройная защита от проникновения воды в шлем. Имеется гарнитура телефонной связи. Масса шлема составляет 16 кг (на 2—2,5 кг меньше, чем в трехбалловом снаряжении), а в воде он имеет плавучесть, близкую к нулевой в зависимости от установленных на нем устройств (светильник, видеокамера, телефонно-микрофонная гарнитура и др.). Рым шлема, штуцера вводов кабеля, рабочей и аварийной подачи воздуха рассчитаны на подъем водолаза в аварийной ситуации.

Аварийный запас воздуха размещен в 2 баллонах емкостью по 2 л с рабочим давлением 200 кгс/см², что обеспечивает дыхание в снаряжении в течение 10 мин на глубине 60 м. При комплектации аварийного запаса в 7-литровых баллонах существенно увеличивается время возможного функционирования снаряжения в аварийном режиме. Шланги и кабели защищены от зацепов и ударов под водой, имеют обратные

клапаны на входе в штуцера рабочей и аварийной подачи. Соединительный шланг имеет на входе замок с обратным клапаном, присоединяется и разъединяется на поверхности и под водой вручную. Предусмотрена возможность подключения к узлам шлема отечественных шлангов и кабелей или их импортных аналогов.

Имеются 3 варианта гидрозащитной одежды:

- гидрокомбинезон «сухого» типа из прочного прорезиненного капрона с аппендиксом или гермомолнией на спине (прочность на уровне водолазной рубахи ВР-3, стойкость к нефти и нефтепродуктам);
- гидрокостюм «мокрого» типа из импортного пористого эластичного материала с двусторонним трикотажным покрытием;
- гидрокомбинезон «полусухого» типа из импортного пористого эластичного материала с двусторонним трикотажным покрытием и гермомолнией;

При работе под водой, когда имеется возможность повреждения гидрозащитной одежды, поверх нее может надеваться защитный комбинезон.

Под гидрозащитную одежду может надеваться гигиенический комбинезон с бельем из хлопчатобумажного материала, утеплитель с хорошими теплозащитными свойствами или один — два комплекта шерстяного белья, а также меховое белье. Мягкие рукавицы позволяют выполнять под водой тонкие операции.

Нагрудные и заспинные сборные грузы массой по 9 кг крепятся с помощью плечевых ремней и нижнего брасов. Капроновый пояс с карабином служит для закрепления водолазного шланга и кабеля. Водолазные боты ВС-1 имеют увеличенную массу (по 7 кг), новый способ крепления на ногах, высота голенищ увеличена в 2 раза по сравнению с водолазными галошами для защиты ног водолазов и штангин гидрозащитной одежды. Грузы и боты обеспечивают необходимую для работы плавучесть и остойчивость, дают возможность выполнять работы на течи. Опасность переворачивания водолаза вверх ногами минимальна из-за большой отрицательной плавучести бот и особенностей их крепления.

По желанию потребителя к снаряжению могут придаваться пульт водухоснабжения и замера глубины спуска двух или трех водолазов, средства подводного освещения (включая шлемовый светильник), средства связи и водолазный кабель.

Снаряжение НВС в 1997 г. успешно прошло приемочные испытания ВМФ. НПП «ТСРС» (г. Орехово-Зуево) приступило к серийному производству снаряжения.

3.2.17. Облегченное снаряжение водолазное вентилируемое СВВ-86 имеет объемный трехболтовый шлем из стеклопластика и аварийный дыхательный аппарат (аппарат резервной подачи воздуха). Комплектация снаряжения обеспечивает возможность спусков на глубины до 60 м в гидрокомбинезоне «сухого» типа или в гидрокомбинезоне с водяным обогревом «мокрого» типа. В скафандре предусмотрены обдув стекла и приспособление для выполнения сварочных работ — обойма с

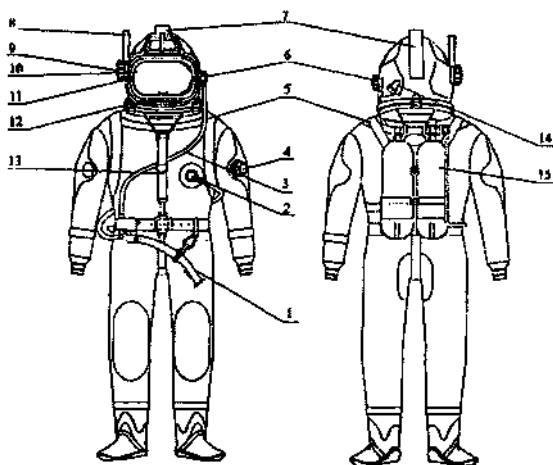


Рис. 61. Облегченное вентилируемое снаряжение СВВ-97:

1 — шланг подачи воздуха с поверхности, 2 — клапан поддува гидрокombineзона, 3 — шланг подачи воздуха на клапан поддува, 4 — травящий клапан гидрокombineзона, 5 — подвесная система аппарата аварийной подачи воздуха, 6 — регулятор подачи воздуха в шлем, 7 — подъемный рым, 8 — патрубок для отвода стравливаемого воздуха, 9 — регулируемый травящий клапан,

10 — открывающийся иллюминатор, 11 — замок иллюминатора, 12 — шейное разъемное кольцо с тремя фиксаторами «барашкового» типа, 13 — регулируемая подвесная система шлема, 14 — телефонный разъем, 15 — аппарат аварийной подачи воздуха

затемненным стеклом. Время работы в рабочем режиме (подача воздуха по шлангу с поверхности при легочной вентиляции 30 л/мин в воде с температурой от 0 до +30 °С) не ограничено. В аварийном режиме (в случае пережатия или обрыва шланга подачи воздуха) обеспечивается автоматический переход на дыхание воздухом от баллонов дыхательного аппарата с вентиляцией подшлемного пространства и очисткой от CO_2 . Переход на аварийный режим сопровождается включением звукового сигнала. Снаряжение позволяет водолазу плавать, наклоняться и работать вниз головой.

3.2.18. Снаряжение водолазное вентилируемое СВВ-97 (рис. 61) является развитием снаряжения СВВ-86. Оно предназначено для выполнения водолазных работ на глубинах до 60 м при температуре воды от 0 до +30 °С, легочной вентиляции до 30 л/мин, подаче воздуха в рабочем режиме до 120 л/мин и в аварийном режиме — 40 л/мин. Это снаряжение является комбинацией вентилируемого снаряжения и снаряжения с открытой схемой дыхания. Комплект снаряжения состоит из объемного шлема, дистанционного блока ДБК-1, аварийного дыхательного аппарата и гидрозащитной одежды. Снаряжение СВВ-97 может функционировать по схеме трехболтового вентилируемого снаряжения с подачей воздуха с поверхности при одновременной вентиляции подшлемного и подгидрокостюмного пространства со стравливанием избытка воздуха головным травящим клапаном. Однако снаряжение СВВ-97 имеет существенные отличия от традиционного вентилируемого снаряжения. Как и в снаряжении СВВ-86, объемный трехболтовый шлем сделан из стеклопластика. Возможна установка

шейной обтюрации, что позволяет водолазу находиться в любом положении в толще воды (вертикально, горизонтально, вниз головой и др.), а также работать под водой без гидрозащитной одежды. Аварийный дыхательный аппарат (аппарат резервной подачи воздуха) ШАП-2000 имеет запас воздуха 800 л (2 двухлитровых баллона с рабочим давлением 200 кгс/см²) и обеспечивает аварийное всплытие с глубины 60 м. Коммутация подачи воздуха с поверхности и от автономного аппарата с открытой схемой дыхания осуществляется с помощью дистанционного блока ДБК-1 (см. рис. 83, п. 3.6.8). Блок позволяет осуществить переключение источников поступления воздуха, обеспечивает герметичность воздушной системы при обрыве одного из шлангов, а также дает возможность подключения дополнительных потребителей (компенсаторов плавучести, систем поддува под гидрокombineзон, дополнительных дыхательных автоматов и т.д.). Все присоединительные резьбы и размеры соответствуют международному стандарту, а при помощи переходников возможна коммутация практически любого воздушно-баллонного аппарата и системы подачи воздуха с поверхности. Автоматический регулятор подачи воздуха (РПВ), установленный на шлеме, обеспечивает постоянный подпор, избавляет от необходимости регулировать поток поступающего воздуха вручную в зависимости от глубины (по мере погружения или подъема водолаза) и предотвращает обжим водолаза при падении на глубину. Кроме того, водолаз имеет возможность самостоятельно регулировать подачу воздуха в пределах от 20 до 120 л/мин. Водолазный шлем имеет 2 иллюминатора: открывающийся передний и глухой иллюминатор верхнего обзора. Травящий клапан шлема имеет регулировку давления срабатывания и принудительный головной привод. Для уменьшения шума от выходящего воздуха на клапан установлен резиновый направляющий патрубок. Шлем оборудован герметичным разъемом с переходниками под различные типы водолазных телефонных станций. В целях улучшения качества связи водолаз применяет для переговоров и прослушивания специальный шлемофон. Масса объемного шлема без соединительного кольца и шлемофона - не более 12 кг.

В составе снаряжения СБВ-97 могут использоваться гидрокостюмы как «сухого» (предпочтительнее), так и «мокрого» типа. Гидрокостюмы «сухого» типа, применяемые в составе снаряжения, должны иметь либо шейный обтюратор, либо специальный фланец, который натягивают на нижнее посадочное кольцо шлема. Погружение в гидрокостюме «мокрого» типа может осуществляться только с установленной на шлеме шейной обтюрацией. При выполнении сложных видов работ (работ с тросами, бетонирования, работ с гидромонитором, работ в воде, загрязненной нефтепродуктами и другими веществами и т.д.) для обеспечения сохранности материала гидрокостюма рекомендуется использовать надеваемый поверх него защитный комбинезон.

3.2.19. Из зарубежных образцов вентилируемого водолазного снаряжения представляет интерес снаряжение фирмы GENERALAQUADYNE, которое применяется в составе отечественного передвижного автономно-



Рис. 62, Шлем АН-3

го водолазного комплекса АМБК-60. В состав снаряжения входят шлем АН-3, баллон резервного запаса воздуха, шланги и гидрокомбинезон Viking HD Combi.

Легкий шлем АН-3 (рис. 62) создан на основе пользовавшегося большой популярностью у профессиональных водолазов с конца 1960-х годов шлема АН-2, отличавшегося надежностью, безопасностью и высоким качеством исполнения. Большинство изменений в конструкцию шлема АН-3 внесено по предложениям водолазов и проверено на практике. Шлем сочетает в себе большинство преимуществ традицион-

ных жестких шлемов и современных водолазных масок. Он рекомендуется для самых разнообразных работ на глубинах до 60 м, особенно в холодной и загрязненной воде. Кроме того, шлем АН-3 может быть использован в плавательном варианте снаряжения.

Как и шлем СБВ-97, шлем АН-3 может использоваться со своим шейным обтюратором или крепиться непосредственно к гидрокостюму. Корпус шлема изготовлен контактным методом из ударопрочного стеклопластика, иллюминаторы — из поликарбоната, а шейные кольца — из бронзы. При непосредственном креплении шлема к гидрокостюму водолаз полностью защищен от водной среды (в том числе загрязненной). Кроме того, это дает возможность одеть столько белья, сколько позволяет костюм. В этом случае водолаз может контролировать свою плавучесть, создать как положительную, так и нейтральную плавучесть регулировкой клапанов на шлеме. Это особенно полезно при работе на сильном течении. Легкость латексного шлема значительно снижает нагрузки по сравнению с металлическими шлемами, что обеспечивает водолазу более высокую подвижность. В шлеме АН-3 обеспечена четкая связь за счет высококачественной системы телефонной связи и наличия в шлеме системы снижения уровня шума от потока воздуха. Все металлические части созданы с учетом стандартов качества. Клапаны расположены в легкодоступных для водолаза местах таким образом, чтобы они не подвергались случайным ударам, которые могут изменить предварительные установки.

Подача воздуха водолазу от воздухораспределительного щита на поверхности производится по кабель-шланговой связке. Расход воздуха в шлеме составляет от 85 до 170 л/мин. Подпор в шланге — не менее 3,5 кгс/см². Давление срабатывания травяще-предохранительного клапана регулируется от 0,02 до 0,1 кгс/см². Масса шлема составляет 13,5 кг.

Баллон резервного запаса воздуха имеет объем 12 л с рабочим давлением 200 кгс/см². Для крепления резервного баллона предусмотрена анатомическая спинка с ремнями и подвеской. Имеется воздушный редуктор для резервного баллона в антиобмерзающем исполнении DSI

«SUPER FLOW» с соединительным шлангом. Резервный клапан расположен на шлеме как часть системы регулировки. Резервный воздухопровод полностью независим от клапана подачи воздуха. Подвод воздуха по шлангу производится в нижней задней части шлема.

Гидрокомбинезон «сухого» типа усиленного исполнения Viking Heavy Duty Combi, применяемый в комплекте со шлемом АН-3, предназначен для спусков в воду, загрязненную нефтепродуктами, радиоактивными веществами, или в других экстремальных ситуациях. Гидрокомбинезон выполнен из плотного материала (плотность 1500 г/м³). Места, подверженные износу, усилены дополнительным слоем материала. Имеются утолщенные латексные кистевые манжеты и герметичная молния усиленного исполнения. Материал гидрокомбинезона не адсорбирует влагу и не имеет пор на поверхности, а потому легко очищается даже после спусков в загрязненной воде. Соединительные швы выполнены методом вулканизации, что дает устойчивость против высокой степени загрязнения нефтепродуктами. Под гидрокомбинезон может надеваться теплоизолирующее белье. Для устранения обжима водолаза и регулирования плавучести на гидрокомбинезоне предусмотрен клапан поддува через шланг воздуха среднего давления и травяще-предохранительный клапан. Гидрокомбинезон выпускается с шейным латексным обтюратором, шейным и фиксирующим кольцами для присоединения шлема. Гидрокомбинезон имеет 4 размера: 01 — для водолазов ростом 164-176 см, 02 — 176-188 см, 03 — 182-194 см и 04 — 188-206 см. Дополнительно с гидрокомбинезоном используются пятипалые резиновые перчатки «сухого» типа с комплектом герметизирующих колец.

3.3. Физиолого-гигиенические характеристики вентилируемого водолазного снаряжения

3.3.1. Наличие в вентилируемом водолажном снаряжении объемного шлема обеспечивает возможность свободного дыхания воздухом из подшлемного пространства без использования загубника или дыхательной полумаски, что исключает дополнительное сопротивление дыханию и вероятность развития барогипертензии и баротравмы легких. Относительно хорошая изоляция тела водолаза от окружающей водной среды уменьшает опасность мацерации кожных покровов, возникновения наружных отитов, а также позволяют выполнять работы в загрязненной и зараженной воде, а при соблюдении определенных мер предосторожности — в нефтепродуктах и других агрессивных жидкостях. Большой газовый объем скафандра способствует теплоизоляции верхней части тела и облегчает выполнение водолажных работ по подъему и переноске тяжестей при условии внимательного управления плавучестью. Длительность пребывания под водой в вентилируемом снаряжении зависит от запасов сжатого воздуха на борту плавсредства (на береговом водолажном посту), производительности средств воздухоснабжения, а также от температуры окружающей воды, которая может

вызвать переохлаждение организма водолаза. Снаряжение имеет ряд конструктивных недостатков, которые снижают возможности перемещения и работоспособность водолазов, не исключая возможности возникновения у них некоторых специфических и неспецифических заболеваний.

Вентилируемое снаряжение требует от водолаза умения управлять своей плавучестью и остойчивостью. Величина плавучести водолаза может изменяться под водой в зависимости от изменения объема воздуха в скафандре. Для того, чтобы водолазу быстрее спуститься или, находясь на глубине, прижаться к фунту для более удобного передвижения или выполнения работы, он стравливает из скафандра некоторое количество воздуха и таким образом уменьшает свою плавучесть. Если водолазу надо подвсплыть над грунтом или самостоятельно в случае аварии всплыть на поверхность, он набирает в скафандр больше воздуха, что увеличивает его объем и тем самым увеличивает плавучесть. Умело увеличив объем воздуха в скафандре, водолаз может легко и быстро подняться с грунта на борт затонувшего судна, подвсплыть над ним, не взмучивая ила, лучше осмотреть затонувший предмет, переплыть небольшие ямы и преодолеть небольшие препятствия под водой, поднять и перенести под водой тяжелые предметы. В соленой морской воде на водолаза действует выталкивающая сила, превышающая выталкивающую силу в пресной воде, и потому он обладает большей положительной плавучестью, чем в пресной воде.

3.3.2. К числу наиболее серьезных недостатков указанного снаряжения относятся следующие:

- большой объем шлема и свободного воздуха в скафандре, что вызывает необходимость применения дополнительных грузов и тяжелых водолазных галош для погашения положительной плавучести. Большая масса и объем снаряжения, а также грубая ткань водолазной рубахи затрудняют передвижение водолаза под водой, создают неудобство при выполнении работы, вызывают большие дополнительные энергозатраты и снижают производительность труда. Чем больше объем снаряжения, тем большее сопротивление оказывает вода движениям водолаза. Передвигаясь по грунту, водолаз должен принимать такие положения, при которых сопротивление будет наименьшим (передвижение боком вперед, плавательные движения руками, движения на коленях с помощью рук);

- поступление выдыхаемого водолазом воздуха непосредственно в подшлемное пространство снаряжения вызывает сравнительно быстрое накопление в нем углекислого газа, для удаления которого требуется постоянная интенсивная вентиляция скафандра свежим воздухом 60—120 л/мин в зависимости от тяжести работы. Первым признаком плохой циркуляции является запотевание стекла иллюминатора шлема из-за повышенной влажности воздуха в скафандре, что косвенно указывает на накопление углекислого газа;

- подача водолазу сжатого воздуха более 100-120 л/мин затрудняет управление нормальной остойчивостью водолаза под водой, ускоряет

наступление переохлаждения верхней половины тела водолаза, резко повышает и без того высокий уровень шума в шлеме, что является причиной снижения остроты слуха и разборчивости речи;

- большая подача воздуха в скафандр и сложность поддержания нормальной плавучести водолаза нередко являются причинами непроизвольного всплытия (выбрасывания) водолаза с грунта на поверхность. Непроизвольное всплытие возможно также при потере водолазом грузов или галош;

- ограниченная автономность снаряжения в случае отсутствия подачи воздуха по каким-либо причинам с поверхности (пережатие или разрыв шланга). Она обеспечивается только запасами воздуха, находящегося в подшлемном пространстве, и составляет всего несколько минут;

- тяжелая и грубая ткань водолазной рубахи при выполнении работы под водой затрудняет движение водолазов и нередко приводит к возникновению у них потерь отдельных частей тела;

- при вертикальном положении водолаза под водой происходит неравномерное обжатие его тела за счет разности гидростатического давления. Наибольшее давление воды приходится на голени и стопы. Неравномерное обжатие водой тела водолаза приводит к нарушению кровообращения в области ног, в результате чего может наступить онемение и охлаждение стоп и пальцев ног, а также замедление процессов насыщения этих участков от азота в период декомпрессии;

- в шлеме вентилируемого снаряжения воздух имеет высокую влажность, низкую температуру и создает сильный шум, что может приводить к довольно быстрому утомлению водолаза, ухудшению общего самочувствия и появлению ранней тугоухости;

- необходимость периодического вытравливания головным клапаном воздуха из шлема головой создает большое неудобство для водолаза. Воздушная подушка должна доходить примерно до нижнего края грудной клетки. Избыток воздуха в скафандре может привести к выбрасыванию водолаза на поверхность, что грозит развитием тяжелого декомпрессионного заболевания, баротравмы легких, а при разрыве фланца рубахи — утопления. Малый объем воздуха в скафандре может привести к отравлению углекислым газом, а при нарушении подачи воздуха или проваливании на глубину - к обжиму водолаза;

- металлический шлем при подводной сварке подвергается электролизу, а в случае прикосновения к шлему электрорезаком он может быть прорезан, что представляет опасность утопления водолаза;

- отсутствие активного обогрева в снаряжении при спусках в холодной воде может приводить к переохлаждению организма водолаза.

При обычно имеющемся в водолазной практике расходе сжатого воздуха на вентиляцию, равном 100-120 л/мин, концентрация углекислого газа в подшлемном пространстве поддерживается около 1 %, приведенного к условиям нормального барометрического давления.

Расчет расхода воздуха на спуск водолаза в вентилируемом снаряжении представлен в п. 3.3 приложения 2.

3.4. Технические характеристики водолазного снаряжения с замкнутой и полужамкнутой схемами дыхания

3.4.1. Под водолазным снаряжением с замкнутой схемой дыхания понимается снаряжение, в составе которого имеется аппарат, обеспечивающий дыхание водолаза за счет непрерывной регенерации циркулирующего по замкнутому циклу выдыхаемого газа и обогащения кислородом за счет запаса кислорода или газовой смеси в баллонах.

Водолазное снаряжение с полужамкнутой схемой дыхания обеспечивает снабжение водолаза дыхательной газовой смесью в процессе ее циркуляции по замкнутому циклу с очисткой в регенеративном патроне. При этом поддержание необходимого парциального давления кислорода и пополнение газового объема системы «аппарат — легкие» в ходе водолазного спуска осуществляется за счет поступления ДГС по шлангу с поверхности.

3.4.2. Водолазное снаряжение с замкнутой схемой дыхания является автономным и не связано газообеспечением с поверхностью. Оно может использоваться для спусков под воду, проведения кислородной декомпрессии в барокамере и гипербарической оксигенации. По принципу использования изолирующих дыхательных аппаратов снаряжение с замкнутой схемой дыхания может быть разделено на 3 группы:

- образцы аппаратов с замкнутой схемой дыхания (ИДА-57, ЛВЧ-57, ИДА-64, ИДА-64А и ИДА-72Д2), в которых для дыхания используется только кислород. Изолирующие дыхательные аппараты ИДА-57 (рис. 63), ЛВЧ-57, ИДА-64 и ИДА-64А предназначены для спусков под воду (работ в затопленных отсеках) на глубинах до 20 м или в барокамерах под давлением до 2 избыточных кгс/см², а изолирующий дыхательный аппарат декомпрессии ИДА-72Д2 разработан специально для проведения кислородной декомпрессии в барокамере и не может применяться для спусков под воду;

- изолирующие дыхательные аппараты АДА-61 и ИДА-71У (рис. 64) с замкнутой схемой дыхания, предназначенные для спусков под воду (работ в затопленных отсеках) с использованием для дыхания кислорода (на глубинах до 20 м) и 40 %-ной кислородно-азотной смеси (на глубинах до 40 м), а также для дыхания кислородом в барокамерах под давлением до 2 избыточных кгс/см²;

- образцы глубоководных изолирующих дыхательных аппаратов (ИДА-51М, ИДА-59 и ИДА-59М) с замкнутой схемой дыхания, предназначенных для выхода личного состава из аварийной подводной лодки с использованием для дыхания кислородно-гелиевых (кислородно-азотно-гелиевых) смесей и кислорода. В случае применения для дыхания только кислорода эти аппараты могут использоваться для спусков под воду (работ в затопленных отсеках) на глубинах до 20 м и в барокамере под давлением до 2 избыточных кгс/см². Дыхательный аппарат ИДА-59 входит в комплект индивидуального спасательного снаряжения подводника ИСП-60 (рис. 65).

Кроме того, для дыхания кислородом в барокамерах под давлением до 2 избыточных кгс/см² может применяться дыхательный аппарат ИДА-

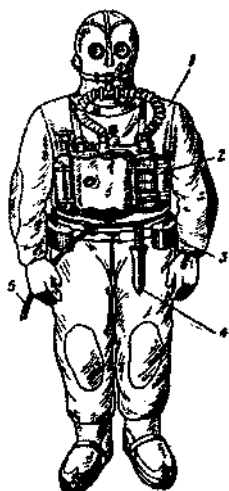


Рис. 63. Водолазное снаряжение с аппаратом ИДА-57:
1 — гидрокombineзон, 2 — дыхательный аппарат, 3 — поясные грузы, 4 — водолазный нож, 5 — сигнальный конец

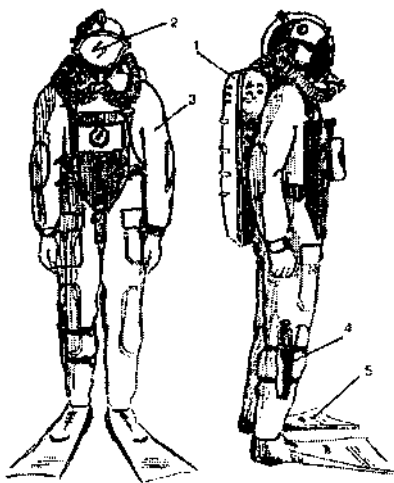


Рис. 64. Водолазное снаряжение с аппаратом ИДА-71У:
1- дыхательный аппарат, 2 — маска, 3 — гидрокombineзон, 4 — водолазный нож, 5 — ласты

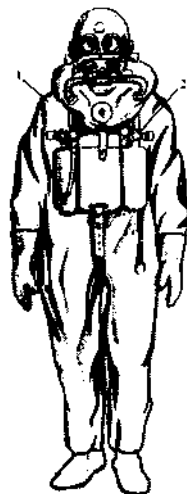


Рис. 65. Спасательное снаряжение подводника ИСП-60 с аппаратом ИДА-59:
1 - гидрокombineзон, 2 - дыхательный аппарат

72Д1 с полузамкнутой схемой дыхания после его временного или постоянного переоборудования в изолирующий аппарат с замкнутой схемой дыхания ИДА-72Д2.

Используются также различные зарубежные образцы водолазного снаряжения с замкнутой схемой дыхания.

3.4.3. В комплектацию снаряжения с замкнутой схемой дыхания, применяемого для спусков водолазов под воду, входят изолирующий дыхательный аппарат, гидрокостюм (гидрокombineзон) «сухого» или «мокрого» типа, грузы, теплозащитная одежда, грузовые задники, боты или ласты, станция телефонной или гидроакустической связи, нож, сигнальный конец. Спасательное снаряжение подводника фактически состоит только из гидрокостюма и дыхательного аппарата. Водолазное снаряжение может также комплектоваться маской, часами, наручным магнитным компасом, гидроакустической станцией, компенсатором плавучести и т.д.

3.4.4. Основными узлами дыхательного аппарата являются малолитражный баллон, заполненный кислородом (в ряде образцов имеются также баллоны, заполненные дыхательной газовой смесью), регенеративный патрон, заполняемый химическим поглотителем ХП-И или регенеративным веществом О-3, дыхательный мешок, клапанная коробка, трубки вдоха и выдоха, редуктор, дыхательная маска или загубник. В ряде образцов также имеются легочный автомат и инжектор.

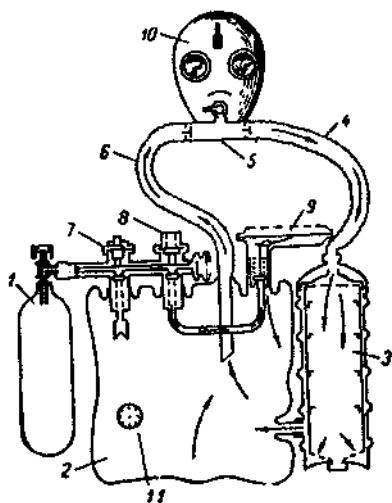


Рис. 66. Схема дыхания в аппарате ИДА-57: 1 — баллон с кислородом, 2 — дыхательный мешок, 3 — регенеративная коробка с химическим поглотителем, 4 — трубка выдоха, 5 — мундштучная коробка, 6 — трубка вдоха, 7 — кислородоподводящий механизм с байпасом, 8 — редуктор, 9 — дыхательный автомат, 10 — маска, 11 — травяше-предохранительный клапан

кислородного баллона. При появлении избытка газа в дыхательном мешке он частично выходит в воду через автоматический травящий клапан.

3.4.5. Сопоставление технических характеристик ряда аппаратов с замкнутой схемой дыхания в варианте дыхания кислородом приведено в табл. 9.

В этих аппаратах дыхательный (легочный) автомат срабатывает при разрежении не менее 50 мм вод.ст. (аппарат ИДА-51М не имеет дыхательного автомата), байпас (ручной пускатель) обеспечивает подачу газа в дыхательный мешок около 40 л/мин, лепестковый травящий клапан срабатывает при минимальном превышении давления в дыхательном мешке по сравнению с окружающим давлением, а пружинно-тарельчатый предохранительный клапан срабатывает при избыточном давлении в мешке свыше 300—400 мм вод.ст., указатель минимального давления дает сигнал о том, что давление в баллоне упало до 20—30 кгс/см², после чего водолазу нужно выходить наверх. Аппарат ИДА-64 — заспинный, остальные аппараты этой группы размещаются на груди водолаза. Внешний вид аппаратов ИДА-51М, ИДА-59 и ИДА-64 представлен на рис. 67—69, а ИДА-57 — на рис. 63 и 66.

3.4.6. Аппарат с замкнутой схемой дыхания ИДА-71У (рис. 70), входящий в снаряжение легководолазное инженерных войск СЛВИ-71, размещается на спине.

Цикл дыхания происходит в соответствии со схемой, представленной на рис. 60. При вдохе кислород из дыхательного мешка по трубке вдоха через клапан вдоха и дыхательную полумаску (загубник) поступает в легкие. При выдохе кислород через дыхательную полумаску (загубник), клапан выдоха и трубку выдоха поступает в регенеративный патрон, а из него — в дыхательный мешок. При прохождении выдыхаемого газа через регенеративный патрон с ХПИ происходит очистка от углекислого газа, а через патрон с О-3 — очистка от углекислого газа с выделением определенного количества кислорода. Кроме того, пополнение кислорода в дыхательном мешке происходит автоматически с помощью редуктора из кислородного баллона или вручную путем нажатия на ручной пускатель (байпас). Пополнение кислорода в дыхательном мешке при уменьшении его объема производится автоматически с помощью дыхательного автомата из

Таблица 9. Технические характеристики группы аппаратов с замкнутой схемой дыхания в варианте дыхания кислородом

Характеристики	Значения характеристик аппаратов			
	ИДА-57	ИДА-64	ИДА-51М	ИДА-59М
Максимальная глубина погружения при дыхании кислородом, м	20	20	20	20
Продолжительность работы, ч	2	4–6	2	2,5
Число и вместимость кислородных баллонов, л	1 x 1,3	1 x 1,3	1 x 1,3	1 x 1,0
Давление в баллоне, кгс/см ² :				
– рабочее	200	200	200	200
– установочное	5–10	5–7	4,5–6	5,5–6,5
Вместимость, л:				
– дыхательного мешка	8	7	8	7
– регенеративной коробки	1,8	2 x 1,8	2,2	1,7
Масса незаряженного аппарата, кг	11,5	16	14	14

Снаряжение СЛВИ-71 предназначено для выполнения водолазных работ и плавания в морских и речных условиях при дыхании кислородом или 40 %-ной кислородно-азотной смесью (40 % КАС). Максимальная глубина спусков при использовании для дыхания кислорода составляет 20 м, а 40 % КАС - 40 м. В комплект снаряжения кроме дыхательного аппарата входят гидрокombineзон «сухого» или «мокрого» типа, водолазная маска, теплозащитная одежда, боты, ласты, нож, часы и наручный магнитный компас. При необходимости комплект снаряжения может также пополняться гидроакустической станцией подводной связи и компенсатором плавучести. Масса снаряжения составляет около 50 кг. Аппарат ИДА-71У позволяет спускаться на глубины до 20 м при дыхании кислородом, а в комплекте с кислородно-азотным баллоном аппарат обеспечивает автоматическое переключение на дыхание 40 % КАС при погружении глубже 20 м и на дыхание кислородом при всплытии. Переключение происходит на глубинах 15–18 м. Поддержание необходимого парциального давления кислорода в дыхательном мешке осуществляется за счет работы регенеративного вещества О-3 в двух регенеративных патронах. При работе на неизменной глубине количество смеси, циркулирующей в системе «аппарат - легкие», остается постоянным, дополнительного потребления газов из баллона не происходит. При погружении недостаток газа в дыхательном мешке пополняется дыхательным автоматом. При уменьшении глубины или выходе на поверхность избыток газа стравливается предохранительным клапаном. Работа аппарата возможна при снижении давления в бал-

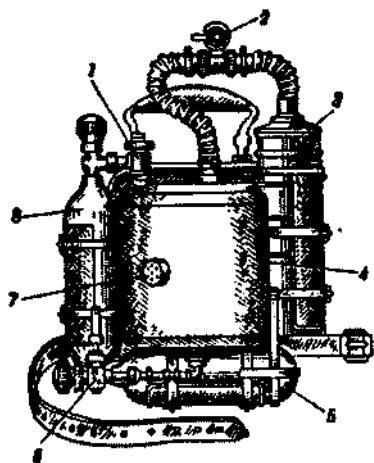


Рис. 67. Аппарат ИДА-51М:
1 — байпас (ручной пускатель)
кислородно-гелиевой смеси,
2 — клапанная коробка, 3 — регенера-
тивный патрон, 4 — дыхательный
мешок, 5 — кислородный баллон,
6 — кислородоподающий механизм
с ручным пускателем, 7 — травяще-
предохранительный клапан
8 — баллон кислородно-гелиевой
смеси

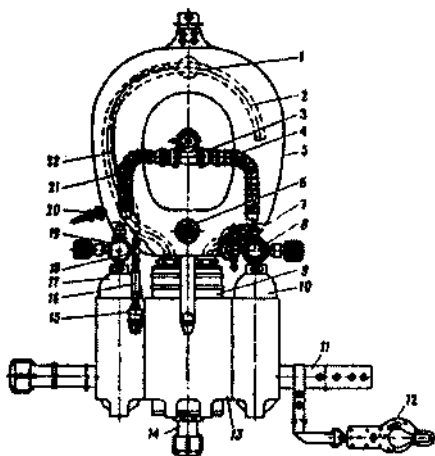
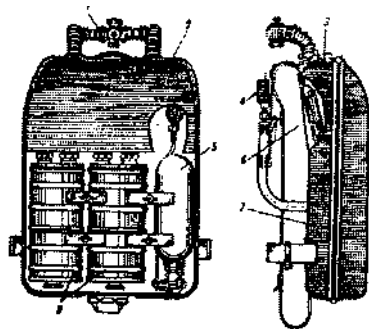


Рис. 68. Аппарат ИДА-59:
1 — дыхательный автомат, 2 — гофрирован-
ный шланг с отверстиями, 3 — клапанная
коробка, 4 — трубка выдоха,
5 — дыхательный мешок, 6 — травяще-
предохранительный клапан, 7 — переключа-
тель, 8 — редуктор кислородного баллона,
9 — регенеративный патрон,
10 — кислородный баллон, 11 — поясной
ремень, 12 — карабин, 13 — нагрудник,
14 — нижний брас, 15 — ниппель байонет-
ного замка, 16 — шланг для присоеди-
нения дополнительного гелиевого баллона,
17 — баллон для кислородно-азотно-
гелиевой смеси, 18 — крестовина,
19 — редуктор кислородно-азотно-гелиевого
баллона, 20 — клапан наполнения,
21 — трубка вдоха, 22 — соединительная
трубка для дыхательного автомата

Рис. 69. Аппарат ИДА-64:
1 — клапанная коробка, 2 — дыхательный ме-
шок, 3 — дыхательный автомат, 4 — выносной
манометр, 5 — баллон с редуктором, 6 — травя-
ще-предохранительный клапан,
7 — кожух, 8 — регенеративные патроны

лоне с 200 до 30 кгс/см². Время работы аппарата при погружении на глуби-
ны до 20 м по техническим характеристикам может составлять около 4 ч, а
по физиологическим показателям - исходя из допустимого времени ра-
боты водолаза под водой при дыхании кислородом на различных глуби-
нах, представленного в п. 8.10.6. Время работы на глубинах до 40 м не пре-
вышает 1 ч. Вне жесткого за спинного ранца размещаются клапанная ко-
робка с трубками вдоха и выдоха, выносной манометр, брасовый ремень и
кислородно-азотный баллон.

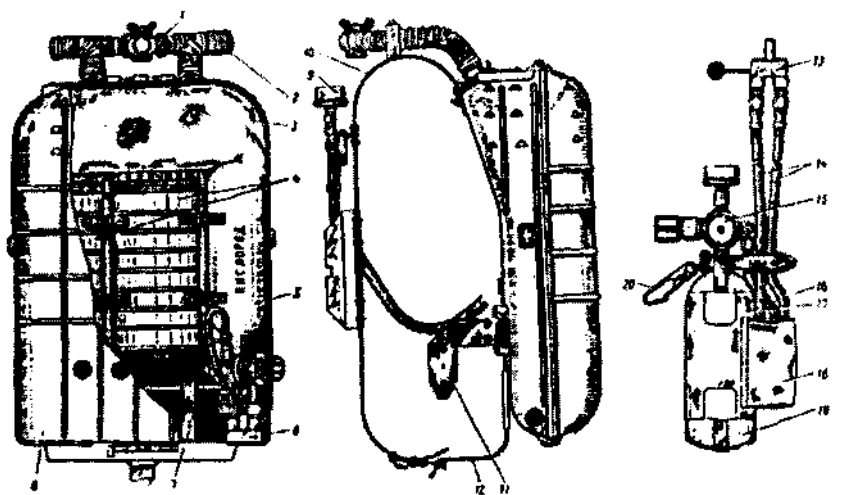


Рис. 70. Аппарат ИДА-71У:

- 1 — клапанная коробка, 2 — трубки вдоха и выдоха, 3 — дыхательный мешок, 4 — регенеративные патроны, 5, 19 — баллоны, 6, 13 — разъемы, 7 — крепление станции связи, 8 — крышка, 9 — выносной манометр, 10 — нагрудник, 11, 12 — ремни, 14, 16 — шланги, 15 — редуктор, 17 — чехол, 18 — карман автомата промывки, 20 — карабин

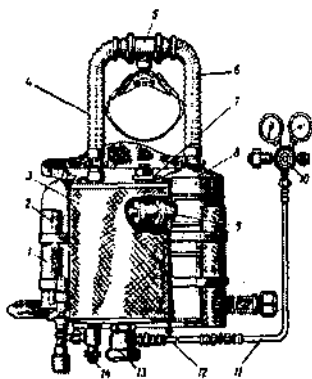


Рис. 71. Аппарат ИДА-72Д1:

- 1 — баллон ДГС, 2 — нагрудник, 3 — дыхательный мешок, 4, 6 — гофрированные трубки, 7 — предохранительный клапан, 8 — регенеративный патрон, 9 — инжекторное устройство, 10 — редуктор, 11 — шланг, 12 — тройник, 13 — дыхательный автомат, 14 — ручной пускатель

3.4.7. Изолирующий дыхательный аппарат декомпрессии ИДА-72Д2 входит в комплектацию отечественных барокамер. Он обеспечивает проведение кислородной декомпрессии в барокамере и гипербарической оксигенации. Аппарат состоит из кислородного баллона с байпасом, дыхательного мешка и регенеративного патрона, закрепленных на нагруднике. Дыхательный мешок и регенеративный патрон соединены гофрированными трубками с клапанной коробкой, снабженной загубником или дыхательной полумаской. Пополнение дыхательного мешка кислородом осуществляется в процессе регенерации веществом О-3 выдыхаемой углекислого газа, а также путем ручной подачи кислорода байпасом. Масса аппарата составляет 8,5 кг.

3.4.8. Дыхательный аппарат декомпрессии ИДА-72Д1 (рис. 71) обеспе-

чивает дыхание ДГС от стационарной системы дыхания барокамеры под давлением до 300 м вод.ст., а также в течение 6 ч от баллона аппарата с ДГС при минутном объеме вентиляции 15 л/мин. Аппарат состоит из баллона ДГС, редуктора, дыхательного автомата, ручного пускателя (байпаса), дыхательного мешка, регенеративного патрона, трубок вдоха и выдоха, а также клапанной коробки с загубником или дыхательной полумаской. Регенеративный патрон заполняется 3 кг вещества О-3. На выходном штуцере регенеративного патрона смонтировано специальное инжекторное устройство, предназначенное для снижения сопротивления дыханию на выдохе. Масса аппарата — не более 13 кг. В случае его переоборудования в аппарат ИДА-72Д2 и использования в качестве изолирующего аппарата для дыхания кислородом в барокамере под давлением до 2 избыточных кгс/см² присоединяется кислородный баллон и полузамкнутый цикл переводится в замкнутый путем демонтажа редуктора и дыхательного автомата.

3.4.9. К зарубежным аппаратам с замкнутой схемой дыхания относится кислородный аппарат ОХУМАХ-3 (рис. 72) фирмы DIVEX (Великобритания). Продолжительность использования аппарата под водой — до 3 ч в зависимости от условий работы. Нагрудный аппарат имеет немагнитную конструкцию и низкий уровень рабочих шумов. Используется ВМС многих стран мира и учеными — биологами моря. Корпус аппарата изготовлен из стекловолокна, имеет обтекаемую форму, позволяет легко открывать аппарат для обслуживания. Подвесная система аппарата снабжена быстроразъемными соединениями, позволяющими быстро одевать и снимать его. Баллон емкостью 2 л имеет рабочее давление 200 кгс/см². В стандартном комплекте аппарата к редуктору на баллоне присоединен манометр для контроля давления в баллоне. Регенеративный патрон емкостью 1,5 л заполняется химическим поглотителем углекислого газа. Аппарат имеет систему автоматической подачи кислорода для обогащения им дыхательной смеси.

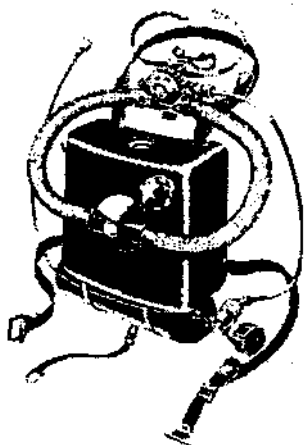


Рис. 72. Аппарат ОХУМАХ-3

Аппарат STEALT с замкнутой схемой дыхания, разработанный той же фирмой, автоматически готовит оптимальную дыхательную газовую смесь, в которой парциальное давление кислорода регулируется в соответствии с глубиной погружения. Подача ДГС в систему «аппарат—легкие» осуществляется не непрерывно, а под управлением микропроцессора на основании измерения парциального давления кислорода во вдыхаемой смеси специальными датчиками и глубины погружения в реальном масштабе времени. Управляемая подача газов производится из баллона с кислородом и баллона с ДГС (воздухом или смесью кислорода с азотом и гелием). На дисплей выводится информация о текущих среднем парциальном давлении кислорода,

реальной глубине, максимально достигнутой глубине, времени погружения, давлении кислорода и ДГС в баллонах, состоянии аккумуляторных батарей, а также описание повреждений при сигнале тревоги. В дополнение к аппарату с замкнутой схемой дыхания имеется резервный аппарат с полужамкнутой схемой дыхания. Максимальная глубина погружения составляет 80—100 м, бездекомпрессионные спуски без ограничения времени пребывания под водой можно осуществлять на глубины до 19—21 м.

3.4.10. Устройство аппаратов с полужамкнутой схемой дыхания напоминает устройство аппаратов с замкнутой схемой дыхания, основным принципом функционирования которых является поддержание необходимого парциального давления кислорода во вдыхаемой ДГС за счет непрерывного пополнения дыхательного мешка свежей дыхательной смесью с заданным процентным содержанием кислорода. Отличием является то, что в снаряжении с полужамкнутой схемой дыхания основное газоснабжение, как правило, осуществляется по шлангу с поверхности, а баллоны аппарата служат лишь резервным запасом ДГС. Вторым отличием является то, что в аппаратах с замкнутой схемой дыхания, как правило, для дыхания используется чистый кислород, а в аппаратах с полужамкнутой схемой применяются главным образом кислородно-азотная, кислородно-гелиевая, кислородно-азотно-гелиевая и другие дыхательные газовые смеси.

3.4.11. Водолазное снаряжение с полужамкнутой схемой дыхания представлено отечественными образцами снаряжения СВГ-200 и СВГ-200В с аппаратами ИДА-72 и ИДА-72В для спусков и работы под водой на глубинах до 200 м, а также дыхательным аппаратом ИДА-72Д1 для спусков в барокамере до давления 300 м вод.ст. с последующей декомпрессией (см. пп. 3.4.2 и 3.4.8).

3.4.12. Образцы снаряжения СВГ-200 и СВГ-200В выполнены по одной принципиальной схеме, но в снаряжении СВГ-200 применен электрообогрев, а в СВГ-200В — водообогрев. Снаряжение отличается сравнительно малым расходом ДГС. Предназначено для глубоководных спусков с использованием кислородно-гелиевых и кислородно-азотно-гелиевых смесей, но может применяться также для спусков на глубины до 60 м с использованием воздуха и до 40 м - 40 % КАС. В состав снаряжения входит заспинный дыхательный аппарат ИДА-72 (ИДА-72В) в ранце (рис. 73), гидрокомбинезон ГК СВГ (ГК СВГ-В), теплозащитная одежда, водолазный шланг, кабель, телефонно-микрофонная гарнитура, грузы, ласты, боты, нож, световой прибор АСП-74 и каска. При необходимости снаряжение может быть дополнено глубиномером Г-30 и водолажными часами НВЧ-30. Оба вида снаряжения позволяют перемещаться с помощью ласт на небольшие расстояния. Расчетное время пребывания на глубине — до 4 ч. Расход газовой смеси, приведенный к нормальным условиям, с учетом постоянного подпора в водолазном шланге 11 кгс/см² на поверхности не превышает 20 л/мин, а на глубине 200 м составляет 90—120 л/мин. Масса снаряжения - около 70 кг.

Конструкция аппарата ИДА-72 (ИДА-72В) предусматривает 3 режима работы:

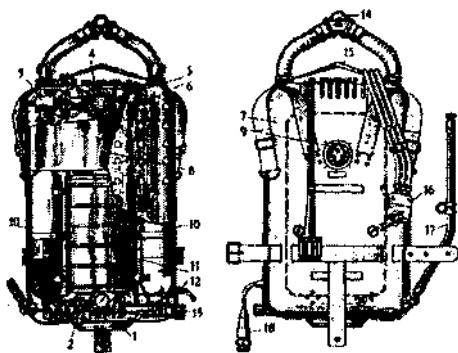


Рис. 73. Аппарат ИДА-72:

- 1 - редуктор, 2 - автомат подачи ДГС, 3 — переключатель, 4 — нагреватель, 5 — дыхательный автомат, 9 — предохранительный клапан, 10 — баллоны, 11 — регенеративный патрон, 12 — сигнализатор, 13 — запорный вентиль, 14 — клапанная коробка, 15 — скоба, 16 — дистанционное управление, 17 - шланг, 18 - электрический кабель

запасом ДГС. Баллоны соединены трубопроводами через запорный вентиль с редуктором, аварийным сигнализатором и контрольным манометром. Между баллонами закрепляется регенеративный патрон. В аппарате имеются переключатель, нагреватель дыхательной газовой смеси, дыхательный автомат и эластичный дыхательный мешок. Вне корпуса аппарата расположены система ремней, дыхательные трубки, клапанная коробка, дистанционное управление, соединительный шланг и электрический кабель. Аппарат ИДА-72 оборудован электрическим подогревателем и передним грузом, выполненным в виде электрораспределительной коробки. В аппарате ИДА-72В используются водяной подогреватель ДГС и передний груз упрощенной конструкции.

3.4.13. Из зарубежных аппаратов с полужамкнутой схемой дыхания следует отметить аппараты МК-6, МК-11 и МК-12 производства США, аппараты FGG-III и SMS-1/B производства Германии и аппарат MIX-2 производства Франции. Эти аппараты нашли широкое применение при профессиональных глубоководных спусках с использованием для дыхания кислородно-гелиевых или кислородно-азотно-гелиевых смесей. Конструктивно и функционально эти аппараты мало отличаются от отечественных образцов снаряжения с полужамкнутой схемой дыхания.

Внедренный в 1996 г. аппарат ATLANTIS (рис. 74) немецкой фирмы DRAEGER применяется на глубинах до 40 м с использованием кислородно-азотных смесей, парциальное давление кислорода в которых составляет $1,5 \text{ кгс/см}^2$. 60 % КАС позволяет находиться в течение 121 мин на глубинах до 15 м, 50 % КАС - 90 мин на 20 м, 40 % КАС - 67 мин на 30 м и 32 % КАС — 45 мин на 40 м. Баллон емкостью 3 л, в который на

- рабочий — с функционированием по полужамкнутой схеме с непрерывной подачей ДГС по водолазному шлангу;

- аварийный — с автоматическим переключением на подачу ДГС из баллонов аппарата и одновременной звуковой сигнализацией об этом в случае обрыва, пережатия водолазного шланга или потери в нем подпора;

- режим по открытой схеме дыхания - в аварийной ситуации с подачей дыхательной смеси по шлангу, причем переключение на этот режим осуществляется самим водолазом.

Два баллона аппарата емкостью по 2 л под давлением 200 кгс/см^2 служат резервным

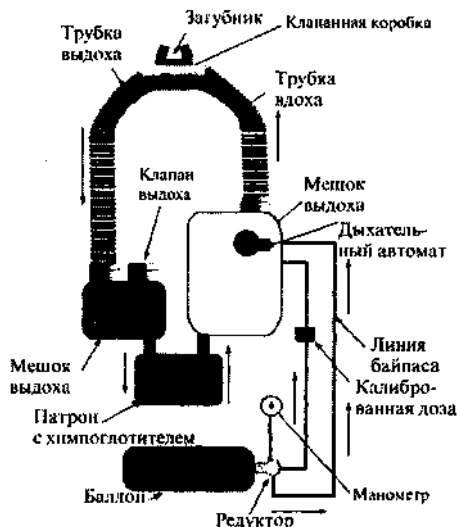


Рис. 74. Аппарат ATLANTIS

поверхности закачана КАС, и регенерация смеси обеспечивают автономность в течение указанного времени на соответствующих глубинах без подачи ДГС с поверхности. Аппарат применяется в любительских погружениях.

Кроме того, созданы аппараты с полузамкнутой схемой дыхания, работающие на газовых смесях, приготовляемых самим аппаратом. В таком аппарате один баллон содержит чистый кислород, а другой – кислородно-азотную или кислородно-гелиевую смесь. Подача газов в дыхательный мешок осуществляется через калиброванные дюзы с регулировкой потока специальным устройством в зависимости от глубины погружения. Образцом таких аппаратов является М100М, выпускаемый фирмой «Дрегер».

3.5. Физиолого-гигиенические характеристики водолазного снаряжения с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания

3.5.1. По сравнению с вентилируемым водолажным снаряжением снаряжения с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания обладают рядом преимуществ:

- обеспечивают экономный расход газовой смеси;
- имеют небольшие массо-габаритные характеристики аппаратов;
- мало стесняют движения водолазов под водой;
- позволяют проводить спуски без декомпрессии или со значительно меньшим временем декомпрессии в сравнении со спусками в вентилируемом снаряжении.

Снаряжение с замкнутой схемой дыхания обеспечивает также скрытность и бесшумность передвижений и выполнения водолазных работ.

3.5.2. К недостаткам снаряжений с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания следует отнести:

- достаточную сложность их устройства;
- необходимость высокой профессиональной подготовленности при их применении;
- возможность развития практически всех известных видов специфических и неспецифических заболеваний водолазов при использовании этих видов снаряжения.

Условием использования аппаратов с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания является необходимость плотного соединения узлов аппарата с дыхательными путями водолаза, что обеспечивается применением загубника или полумаски. Применение загубника под водой обеспечивает поступление кислорода или 40 % КАС только в дыхательные пути, однако в случае применения загубника возможен подсос носом из газовой среды барокамеры или, напротив, вытравливание носом газа наружу из системы «аппарат - легкие». Длительное дыхание в загубнике вызывает раздражение слизистых оболочек рта и губ, обильную саливацию, утомляет жевательную мускулатуру, исключает привычное дыхание носом и увеличивает дополнительное сопротивление дыханию. Полумаски лишены многих из этих недостатков, но при этом обычно страдает герметичность соединения аппарата с дыхательными путями, а длительное применение полумаски может вызвать выраженные болевые ощущения и «намины» в области переносицы или спинки носа.

Направленная циркуляция газа в аппарате обеспечивается клапанами вдоха и выдоха, неисправность в работе которых увеличивает мертвое пространство, нарушает регенерацию и может быть в случае неисправности клапана вдоха причиной значительного накопления в дыхательном мешке углекислого газа, что более вероятно и опасно в снаряжении с замкнутой схемой дыхания. Количество углекислого газа в дыхательной смеси зависит также от качества поглотительного или регенеративного вещества, условий протекания реакций связывания CO_2 , частоты автоматических или ручных промывок и тяжести выполняемой водолазом работы.

Дыхательный мешок аппарата выполняет функцию резервуара для газовой смеси, откуда производится вдох, а также является редуцирующей емкостью, автоматически выравнивающей давление газа, поступающего из баллонов или по шлангу с поверхности, до величины давления окружающей среды. С помощью дыхательных трубок и загубника мешок непосредственно сообщается с верхними дыхательными путями и легкими водолаза, поэтому резкое нажатие на мешок, удары по нему или недостаточное содержание в нем дыхательной смеси могут привести к баротравме легких. Неисправности в работе газоподающих частей и травяще-предохранительного клапана обуславливают несоответствие давления и могут вызвать существенные изменения функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем, барогипертензию и повреждение легочной ткани.

Замкнутая и полузамкнутая схемы дыхания требуют постоянной коррекции состава газовой смеси ввиду прогрессирующего снижения парциального давления кислорода и возрастания доли индифферентного газа. Поэтому неисправности системы подачи газа в аппарате с полузамкнутой схемой дыхания или нарушения правил проведения периодических промывок в аппаратах с замкнутой схемой дыхания могут вызвать как кислородное голодание, так и баротравму легких.

Наличие в аппарате регенеративного патрона, клапанной коробки, дыхательного автомата и дыхательных трубок вызывает дополнительное сопротивление дыханию, которое не должно превышать 40 мм вод.ст. При сопротивлении дыханию 80—100 мм вод.ст. изменяются частота и глуби-

на дыхания, оно становится неправильным и человек быстро устает. При дыхании в аппарате под водой сопротивление дыханию возрастает в связи с увеличением легочной вентиляции и действием давления воды на дыхательный мешок. На сопротивление дыханию в значительной мере влияет объем дыхательного мешка, который должен обеспечивать полный вдох и полный выдох (т.е. объем должен быть не менее 6 л), а также расположение дыхательного мешка по отношению к грудной клетке. Правильным расположением аппарата на груди является такое, когда нижний край дыхательного мешка находится на уровне нижнего края грудной клетки. При более высоком расположении аппарата давление воды на дыхательный мешок будет меньше давления газа в легких и вдох будет затруднен. При низко опущенном аппарате давление воды на дыхательный мешок будет больше, чем на грудную клетку, в результате чего вдох будет облегчен, а выдох затруднен.

При самопроизвольном всплытии (выбрасывании) с глубины на поверхность водолаза в дыхательном аппарате с закрытой крышкой травяще-предохранительного клапана и при наличии загубника во рту газ, находящийся в дыхательном мешке, расширяется, объем его увеличивается, а давление внутри дыхательного мешка повышается. Поскольку аппарат и легкие водолаза составляют единую систему, то при повышении давления в аппарате повысится давление и в легких водолаза. При всплытии водолаза с глубины 20 м избыток газа может достигать 15—18 л. В этом случае пропускная способность травящего клапана дыхательного мешка должна обеспечить стравливание этого газа в водную среду, причем давление в системе «аппарат — легкие» не должно превышать 10—15 мм рт.ст. В противном случае быстрое всплытие водолаза как с малых, так и с больших глубин может привести к образованию большой разницы между давлением в системе «аппарат - легкие» и окружающим давлением воды. При разнице давления 80—100 мм рт.ст. может наступить разрыв легочной ткани.

Для предупреждения случаев разрыва легких при быстром всплытии водолаза с фунта на поверхность запрещается работа водолазов под водой при закрытом травящем клапане (кроме работы лежа на спине, когда травящий клапан должен быть закрыт во избежание вытравливания газа из дыхательного мешка). При вынужденном всплытии (выбрасывании) водолаза на поверхность он должен выбросить загубник изо рта и не задерживать дыхание, а по мере всплытия производить выдох в подмасочное пространство или в водную среду.

Использование в аппаратах для дыхания кислорода или 40 %-ной кислородно-азотной смеси вынуждает ограничивать глубину погружения водолазов (20 и 40 м соответственно), а также время пребывания под давлением.

Ограничение времени работы в аппаратах с замкнутой схемой дыхания, связанное с токсическими свойствами кислорода, представлено в п. 8.10.6, а по запасам кислорода и ХП-И — в п. 3.7 приложения 2. Расчет расхода 40 % КАС на водолазный спуск при использовании снаряжения с полузамкнутой схемой дыхания представлен в п. 3.5 приложения 2.

3.5.3. Для включения на дыхание в аппарат с замкнутой схемой дыхания необходимо проводить пятикратную промывку системы «аппарат - легкие» кислородом. Для этого водолаз должен взять загубник в рот или надеть на лицо дыхательную полумаску, сделать полный вдох с целью освобождения дыхательного мешка, наполнить дыхательный мешок кислородом на один полный вдох (на $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ объема дыхательного мешка), затем сделать полный выдох носом наружу при использовании загубника или выдох при оттянутой от лица полумаске. Это предварительные мероприятия перед проведением 5 циклов промывки. Затем делают полный вдох из мешка и выдох в аппарат, вдох из дыхательного мешка, пополнение дыхательного мешка кислородом и выдох носом (выдох при оттянутой полумаске). Этот цикл повторяется еще 4 раза. Пятикратная промывка системы «аппарат — легкие» проводится для удаления из аппарата и легких излишка азота. При правильном проведении такой промывки содержание кислорода в дыхательном мешке должно быть не менее 90—92 %. Очень важным элементом промывки является пополнение дыхательного мешка кислородом перед выдохом во избежание возникновения баротравмы легких при вдохе из пустого мешка, что особенно опасно в старых образцах кислородных аппаратов (типа ИСА-М-48, ИДА-51М), не имевших в своем составе дыхательного автомата. Вдох из пустого дыхательного мешка возможен при отсутствии пополнения дыхательного мешка по забывчивости водолаза, в случае потери сознания или вследствие неожиданно возникшей неисправности байпаса или дыхательного автомата.

В случае применения аппарата с загубником в барокамере требуется применение носового зажима для исключения попадания воздуха в дыхательный мешок.

В процессе дыхания кислородом при пребывании водолаза под водой или в барокамере он должен периодически делать однократные промывки, которые состоят из предварительных мероприятий и одного цикла промывки. При нахождении водолаза под водой обеспечивающие спуск могут проконтролировать факт проведения однократной промывки по появлению на поверхности воды двух пузырей. Периодичность проведения однократных промывок представлена в табл. 10.

Таблица 10. Периодичность однократных промывок системы «аппарат—легкие» во время работы водолаза под водой

Глубина спуска, м	Интервал между промывками, мин
до 5	20
6—10	25
11—20	30

Кроме визуального контроля наполнения дыхательного мешка кислородом во время проведения 5-кратной и 1-кратной промывок водолаз должен (особенно при пребывании под водой) контролировать степень его наполнения также ладонью левой руки.

При спусках под воду в снаряжении с замкнутой или полузамкнутой схемой дыхания под гидрокомбинезоном (гидрокостюмом) отсутствует воздушная подушка, которая является теплоизолятором в вентилируемом снаряжении. Отсутствие воздушной подушки приводит к более быстрому охлаждению водолаза по сравнению с вентилируемым снаряжением. Для предупреждения переохлаждения водолаз должен пользоваться шерстяным водолазным бельем, специальными утеплителями или водяным обогревом.

В последнее время снаряжения с замкнутой и полузамкнутой схемой дыхания редко применяются для спусков под воду на малые и средние глубины ввиду сложной методики использования и наличия большего количества недостатков по сравнению с вентилируемым снаряжением и снаряжением с открытой схемой дыхания. Снаряжение с замкнутой схемой дыхания кислородом чаще применяется для проведения кислородной декомпрессии и гипербарической оксигенации, а снаряжение с полузамкнутой схемой дыхания чаще используется при проведении глубоководных спусков с дыханием водолазов кислородно-гелиевыми или кислородно-азотно-гелиевыми смесями.

3.6. Технические характеристики водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания

3.6.1. Снаряжение с открытой схемой дыхания является разновидностью водолазного снаряжения, в котором в качестве дыхательной газовой смеси обычно используется воздух, но может также применяться 40 %-ная кислородно-азотная смесь. Подача воздуха (ДГС) водолазу осуществляется пульсирующим потоком и только на вдох, а выдыхаемый газ отводится непосредственно в воду.

3.6.2. Отечественной промышленностью выпускались или выпускаются образцы водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания, которые по способу воздухообеспечения подразделяются на 3 вида:

- автономное снаряжение с воздушно-баллонными аппаратами АВМ-1 («Подводник»), АВМ-1М, АВМ-1М-2, АВМ-4, АВМ-7, АВМ-7С, АВМ-8, «Украина», «Украина-2», «Украина-5», АСВ-2 («Юнга»), АД-10;
- шланговое снаряжение (подача воздуха с поверхности) с воздушно-баллонными аппаратами ШАП-40, ШАП-62, ШАП-77, ШАП-96, ШАП-2000;
- снаряжение водолазное универсальное (автономно-шланговое), которое можно использовать в шланговом и в автономном вариантах, с воздушно-баллонными аппаратами АВМ-3, АВМ-5, АВМ-5АМ, АВМ-6, АВМ-9, АВМ-9К, АВМ-12, ВДА.

Существуют комплекты водолазных снаряжений с открытой схемой дыхания: СВУ (аппараты АВМ-3, ШАП-62 или ШАП-2000 с гидрокомбинезонами ГК СВУ-А и ГК СВУ-Б или ГК-6 и др.), СВУ-3 (АВМ-5 и АВМ-6 с гидрокомбинезоном УГК-1, -2, -3, -4 и др.), СВУ-4-2 (АВМ-9К с гидрокостюмом УГК-1), СВНТ-1 (АД-10 с обогреваемым гидрокостюмом). Аппарат ШАП-62, являющийся принадлежностью шлан-

гового снаряжения, может также использоваться в автономном варианте для непродолжительных работ на глубинах до 30 м.

В комплект отечественного снаряжения с открытой схемой дыхания (рис. 75) входят воздушно-баллонный дыхательный аппарат (акваланг), гидрокombинезон или гидрокостюм, теплозащитная одежда, грузы и грузовые ремни, водолазные боты или ласты, нож, сигнальный конец, а при необходимости также средства связи, подводный фонарь, наручный компас, часы и др. Однако чаще воздушно-баллонные аппараты не связаны жестко с каким-либо конкретно образом гидрозащитной одежды и комплектующими изделиями, что предоставляет пользователю большую свободу выбора с учетом совместимости отдельных узлов.

Кроме того, в нашей стране нашли распространение многочисленные импортные образцы водолазного снаряжения (снаряжение «SUPERLITE-17», «SUPERLITE-27», снаряжение фирмы COMEX Pro и др.), которые также обеспечивают дыхание по открытой схеме.

3.6.3. Основной составной частью любого образца всех трех видов водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания является воздушно-баллонный дыхательный аппарат (аппарат с открытой схемой дыхания, дыхательный аппарат, акваланг). За рубежом применяется термин «SCUBA», что означает «автономный подводный дыхательный аппарат».

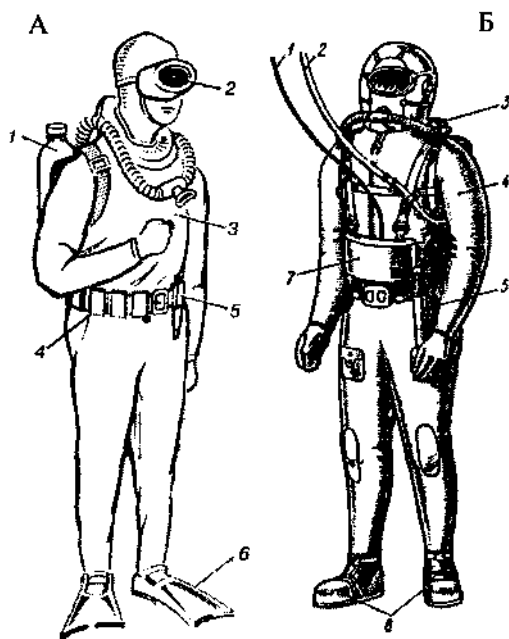


Рис. 75. Водолазное снаряжение с открытой схемой дыхания:

А - автономное: 1 - дыхательный аппарат, 2 - полумаска, 3 - гидрокombинезон, 4 - грузовой пояс, 5 - водолазный нож, 6 - ласты; Б - шланговое: 1 - сигнальный конец, 2 - водолазный шланг, 3 - заспинный дыхательный аппарат, 4 - гидрокombинезон, 5 - водолазный нож, 6 - боты, 7 - нагрудный груз

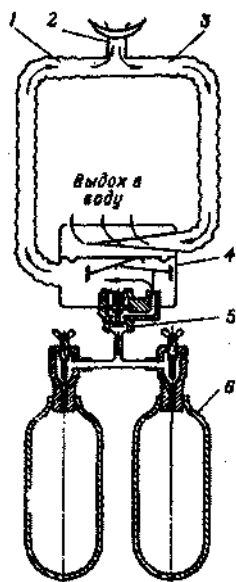


Рис. 76. Принцип действия аппарата с открытой схемой дыхания:
1 — трубка вдоха, 2 — клапанная коробка с загубником, 3 — трубка выдоха, 4 — дыхательный автомат, 5 — редуктор, 6 — баллон со сжатым воздухом

Все дыхательные аппараты независимо от вида имеют единый принцип действия и сходную конструкцию, а также аналогичные по своему назначению составные части: баллон (или несколько баллонов) с вентилем, содержащий воздух высокого давления, и редуктор, соединенный шлангом с дыхательным автоматом. За рубежом принято называть редуктор, шланг и дыхательный автомат одним термином «регулятор», считая редуктор 1-й ступенью регулятора, а дыхательный автомат — 2-й ступенью. Для крепления аппарата на теле водолаза используется компенсатор плавучести (см. п. 3.6.10) или спинка с ремнями.

Аппарат работает по открытой схеме, т.е. при вдохе порция воздуха из баллона аппарата поступает в легкие водолаза, а выдох производится непосредственно в воду. Редуктор снижает давление воздуха, поступающего из баллона, до постоянного (установочного), которое в разных образцах аппаратов находится в пределах от 3 до 8 кгс/см², а дыхательный («легочный») автомат обеспечивает подачу воздуха в легкие под давлением, равным давлению окружающей водной среды.

Сжатый воздух в баллонах автономных аппаратов составляет рабочий и резервный (аварийный) запасы, в шланговом варианте он является только аварийным запасом, а в универсальном автономно-шланговом варианте воздух в баллонах служит либо рабочим и аварий-

ным запасом вместе, либо только аварийным запасом.

3.6.4. Принцип действия аппарата снаряжения с открытой схемой дыхания представлен на рис. 76.

В автономных вариантах снаряжения запас сжатого воздуха содержится в баллонах под давлением 150—200 кгс/см². Из баллонов сжатый воздух через запорный вентиль поступает в редуктор, где его давление снижается до установочного. Из редуктора воздух поступает в дыхательный автомат, который снижает его давление и поддерживает его равным давлению окружающей воды. При вдохе автомат подает воздух в легкие. Выдох водолаз производит в воду через специальный клапан. В шланговом варианте аппарата воздух с поверхности через редуктор, снижающий давление до установочного, подается по шлангу к дыхательному автомату аппарата, который работает так же, как и в автономном режиме.

3.6.5. Основные технические характеристики некоторых отечественных воздушно-баллонных аппаратов приведены в табл. 11.

Таблица 11. Основные технические характеристики некоторых отечественных воздушно-баллонных аппаратов

Характеристика	Значения характеристик аппаратов					
	ABM-1M	ABM-5	ABM-6	ABM-7	ABM-8	ШАП-62
Число и вместимость баллонов, л	2x7	2x7	2x10	2x7	2x100	2x1,3 и 1x1,0
Максимальное давление в баллоне, кгс/см ²	150	200	150/200	150/200	150/200	200
Максимальная глубина погружения, м: автономно в шланговом варианте:	40	60	60	60	60	30
	—	40	40	—	—	30
Запас воздуха, л: общий	2100	2100/ 2800	2100/ 2800	2100/ 2800	3000/ 4000	720
резервный	420	420	600	420	600	120
Установочное давление редуктора, кгс/см ²	5—7	8—10	5—8	5—8	5—8	3—4
Сопротивление дыханию на вдохе при потоке 30 л/мин, мм вод.ст. (вдох/выдох)	50	45/70	45/70	45/70	45/70	50/65
Масса незаряженного аппарата, кг	24	21	24	19	24	12
Масса комплекта снаряжения, кг	50	56	62	54	58	35

3.6.6. Воздушно-баллонные дыхательные аппараты комплектуются цилиндрическими баллонами емкостью 3,4, 5, 7 или 10 л. Они сделаны из легированной стали и рассчитаны на рабочее давление 150 или 200 кгс/см². Данные по баллонам приведены в п. 3.13.

3.6.7. Дыхательные (легочные) автоматы обеспечивают пульсирующую подачу воздуха из баллонов или по шлангу с поверхности в зависимости от частоты дыхания и величины разрежения на вдохе. По конструкции дыхательные автоматы подразделяются на одноступенчатые (безредукторные), к которым относится автомат первой модели аппарата «Украина», и двухступенчатые (с редуктором). Схемы одно- и двухступенчатых редукторов показаны на рис. 77. Дыхательные автоматы могут иметь клапан прямого действия (давление воздуха под клапан) или обратного действия (давление воздуха на клапан).

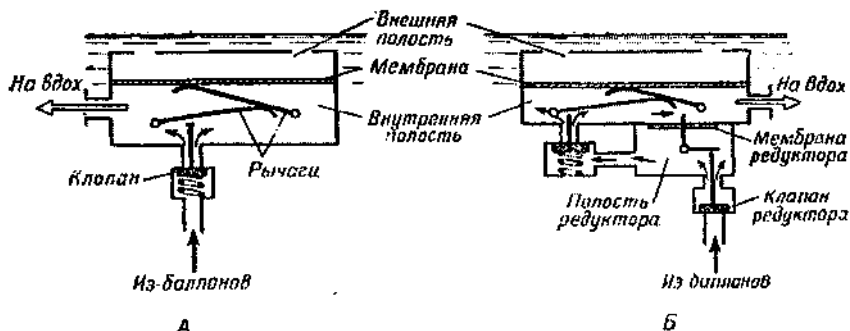


Рис. 77. Схемы дыхательных автоматов:
А - одноступенчатый автомат, Б - двухступенчатый автомат

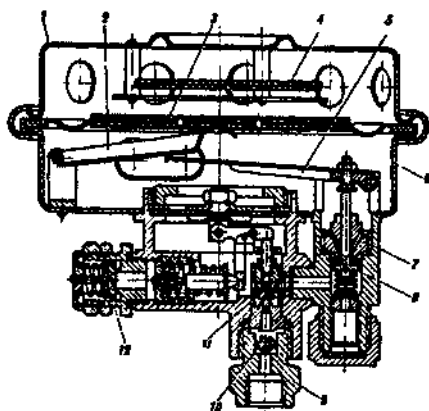


Рис. 78. Дыхательный автомат аппарата АВМ-1М с редуктором:
1 — крышка, 2 — верхний рычаг, 3 — мембрана, 4 — клапан выдоха, 5 — нижний рычаг, 6 — корпус автомата, 7 — седло клапана, 8 — клапан автомата, 9 — подводный штуцер, 10 — сетчатый фильтр, 11 — клапан редуктора, 12 — предохранительный клапан

Дыхательный автомат аппарата АВМ-1М (рис. 78) обратного действия совмещен с редуктором. Прогиб мембраны при создании над ней разрежения при вдохе передается жесткой частью мембраны на два рычага. При этом нижний (большой) рычаг давит на шток клапана, отжимая его от седла, и клапан открывается. Выдох осуществляется во внешнюю полость автомата по трубке, имеющей на выходе резиновый лепестковый клапан. При выдохе клапан закрыт. Клапан выдоха размещен в корпусе автомата над мембраной. Дыхательный автомат ШАП-62 и АВМ-3 (рис. 79) обратного действия имеет

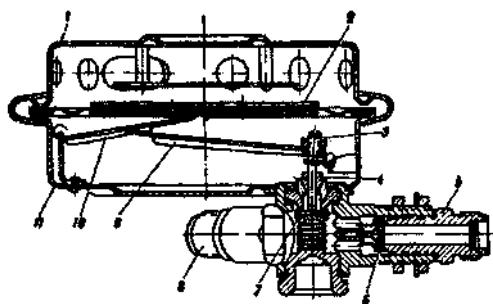


Рис. 79. Дыхательный автомат аппарата АВМ-3: 1 — крышка, 2 — мембрана, 3 — регулировочный винт, 4 — седло клапана, 5 — подводящий штуцер, 6 — фильтр, 7 — клапан автомата, 8 — штуцер водолазного шланга, 9 — нижний рычаг, 10 — верхний рычаг, 11 — корпус автомата

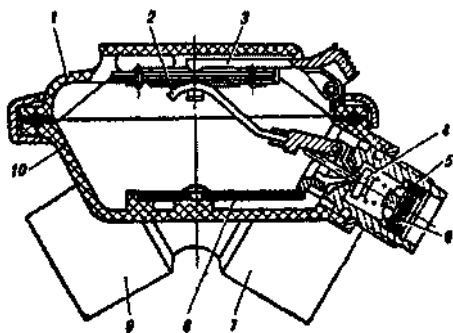


Рис. 80. Дыхательный автомат аппарата АВМ-5: 1 — крышка, 2 — рычаг клапана, 3 — рычаг ручного привода, 4 — клапан, 5 — подводящий штуцер с седлом клапана, 6 — фильтр, 7, 9 — клапаны выдоха, 8 — отбойный щиток, 10 — корпус

редуктор, вынесенный на подводящую магистраль, и штуцер для подсоединения шланга подачи воздуха с поверхности. Действие автомата аналогично действию автомата АВМ-1М.

Дыхательный автомат аппаратов АВМ-5, АВМ-6, АВМ-7, АВМ-8 и АВМ-9 (рис. 80) обратного действия имеет 2 варианта изготовления корпуса: с загубником и с резьбовым кольцом для присоединения к шлему или к водолазной маске. Автомат располагается непосредственно у рта водолаза, он снабжен рычагом принудительной подачи воздуха, при нажатии на который мембрана прогибается. В корпус автомата вмонтированы мембрана, рычаг клапана вдоха, клапаны выдоха и клапан для перевода на дыхание атмосферным воздухом при нахождении водолаза на поверхности воды. В варианте с загубником на патрубок клапана дыхания из атмосферы устанавливается заглушка. Клапан вдоха качающей конструкции установлен в штуцере подвода воздуха. Воздух от редуктора подается к автомату

по гибкому шлангу под давлением, равным установочному давлению редуктора. Клапан вдоха открывается при нажатии на шток рычага под действием прогибающейся мембраны. Струя воздуха из-под клапана попадает под отбойный щиток, разбивается им и с погашенной скоростью поступает в штуцер вдоха на дыхание. Выдох производится не во внешнюю, а во внутреннюю полость автомата, снабженную двумя резиновыми клапанами выдоха. Через эти клапаны выдыхаемый воздух поступает в воду. Дыхательный автомат аппарата «Украина-2» по конструкции аналогичен дыхательному автомату упомянутых аппаратов, но в отличие от них не имеет отбойного щитка и патрубка для клапана дыхания из атмосферы. Дыхательный автомат аппарата АСВ-2 («Юнга») отличается от автомата аппарата «Украина-2» наличием резьбового устройства для присоединения его

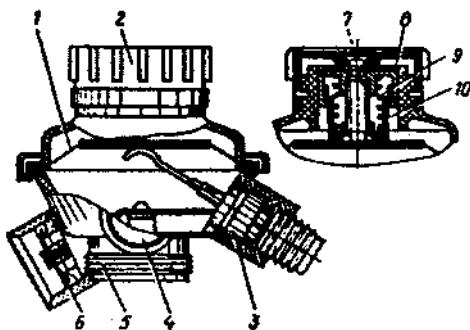


Рис. 81. Дыхательный автомат аппарата ШАП-77: 1 — мембрана, 2 — регулятор, 3 — клапан вдоха, 4 — клапан переключения, 5 — подводный штуцер, 6 — клапан выдоха, 7 — винт, 8 — наружный стакан, 9 — пружина, 10 — внутренний стакан

к штуцеру гидрокостюма типа «Садко-2», а без гидрокостюма — для присоединения загубника.

Дыхательный аппарат ШАП-77 предназначен для спусков в шланговом варианте на глубины до 40 м. Время использования аппарата в автономном варианте составляет 16 мин на глубине 5 м, 10,5 мин на 10 м и 8 мин на 20 м. Аппарат имеет два дыхательных автомата: автомат АВМ-9 и автомат ШАП. В крышке дыхательного автомата ШАП (рис. 81) вместо кнопки смонтирован регу-

лятор принудительной подачи воздуха на дыхание, который состоит из наружного и внутреннего стаканов, между которыми размещается регулировочная пружина. В доньшко наружного стакана ввернут винт с маховиком. При вращении маховика против часовой стрелки наружный стакан перемещается вниз и с помощью пружины передает усилие внутреннему стакану, который, плавно воздействуя на мембрану и рычаг, открывает клапан вдоха.

3.6.8. Редукторы дыхательных аппаратов предназначены для снижения и стабилизации на постоянном уровне давления воздуха, поступающего из баллона. Это давление называется установочным. Величина установочного давления зависит от жесткости пружины редуктора. Все редукторы аппаратов с открытой схемой дыхания относятся к редукторам открытого типа, что позволяет поддерживать на выходе давление, превышающее гидростатическое на глубине спуска на величину установочного давления. Благодаря редуктору обеспечивается устойчивая работа дыхательного автомата при любом давлении воздуха в баллоне.

Редукторы по своей конструкции делятся на 3 типа: безрычажные прямого и обратного действия и рычажные прямого действия. В редукторах прямого действия высокое давление стремится открыть клапан, а в редукторах обратного действия — закрыть.

В аппаратах АВМ-1М, АВМ-3, АВМ-9 и ШАП-77 применяются рычажные редукторы прямого действия, а в аппаратах АВМ-5 и АВМ-7 — безрычажные редукторы обратного действия.

Редуктор аппарата АВМ-1М (см. рис. 78) состоит из клапана редуктора с регулировочным винтом, Т-образного рычага, связанного с мембраной и подпружиненным толкателем. Динамическое взаимодействие этих элементов обеспечивает работу редуктора. Предохранительный клапан предотвращает разрушение редуктора в случаях повышения давления воздуха более допустимого.

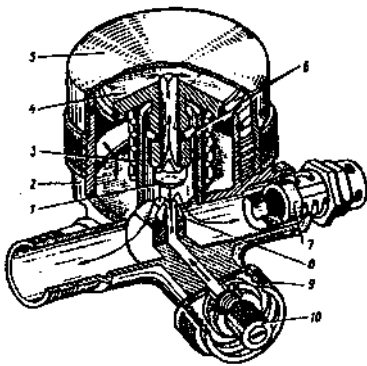


Рис. 82. Редуктор аппарата АВМ-5:

- 1 — поршень, 2 — корпус,
- 3 — пружина, 4 — тарелка,
- 5 — крышка, 6 — резиновые кольца,
- 7 — предохранительный клапан,
- 8 — седло, 9 — накидная гайка,
- 10 — фильтр

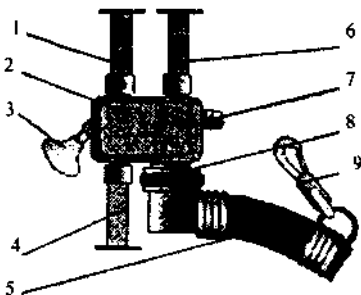


Рис. 83. Дистанционный блок ДБК-1:

- 1 — шланг подачи воздуха к дыхательному автомату, 2 — корпус,
- 3 — тумблер включения аварийной подачи воздуха, 4 — шланг подачи воздуха от аппарата, 5 — шланг подачи воздуха с поверхности, 6 — шланг подачи воздуха в гидрокombineзон,
- 7 — предохранительный клапан, 8 — гайка крепления шланга, 9 — карабин для крепления шланга к подвесной системе аппарата

трубки с закрепленными на них дыхательными трубками. В патрубке выдоха размещен невозвратный слюдяной клапан, предназначенный для предотвращения попадания воды в полость клапанной коробки в случае выхода из строя клапана выдоха дыхательного автомата. В средней части коробки установлен кран переключения на дыхание из атмосферы, когда водолаз находится на поверхности (до погружения под воду

В корпусе редуктора аппарата АВМ-5 (рис. 82) размещены поршень с тарелкой и пружина. В нижней части поршня запрессована фторопластовая подушка, прижимаемая к седлу. В теле поршня имеются осевой и радиальный каналы, которые сообщают между собой верхнюю и нижнюю полости редуктора. В корпус редуктора также вмонтирован предохранительный клапан.

В последних моделях аппаратов (АВМ-12, ШАП-97) используется комплект регулятора, состоящий из многофункционального редуктора, дыхательного автомата и соединительного шланга. Кроме того, в этих аппаратах применяется дистанционный блок ДБК-1 (рис. 83), служащий для включения подачи воздуха с поверхности или от автономного аппарата, для обеспечения герметичности воздушной системы в случае обрыва одного из шлангов, а также для подключения дополнительных потребителей (компенсаторов плавучести, систем поддува в гидрокombineзон, дополнительных дыхательных автоматов и т.д.).

3.6.9. Клапанная коробка и дыхательные трубки дыхательных аппаратов служат для подачи воздуха водолазу.

В случае размещения дыхательного автомата у баллонов аппарата (АВМ-1М, АВМ-3 и ШАП-62) дыхательные трубки сделаны гофрированными из эластичного резиноканного материала.

Клапанная коробка аппаратов АВМ-3 и ШАП-62 (рис. 84) имеет корпус, к которому с помощью накидных гаек присоединяются пат-

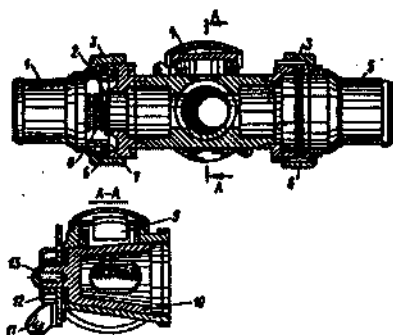


Рис. 84. Клапанная коробка аппаратов АВМ-3 и ШАП-62:

- 1 — патрубок выдоха; 2 — клапан;
- 3 — накидные гайки; 4 — грибок;
- 5 — патрубок вдоха; 6 — прокладки;
- 7 — направляющая клапана;
- 8 — пружина клапана; 9 — отверстие в атмосфере;
- 10 — кран; 11 — рукоятка;
- 12 — пружина клапана; 13 — винт

Компенсатор плавучести имеет следующие функции:

- компенсирует уменьшение плавучести неопреновых гидрокостюмов при погружении на глубину;
- компенсирует уменьшение плавучести, происходящее вследствие расходования воздуха в баллонах;
- обеспечивает избыточную положительную плавучесть после наполнения компенсатора сжатым воздухом, что может потребоваться при необходимости аварийного всплытия и удержания на поверхности воды;

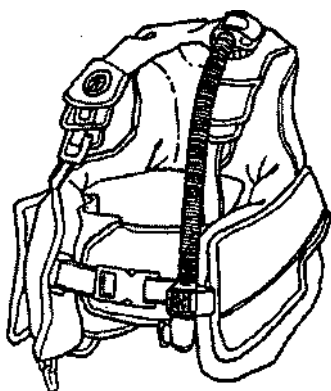


Рис. 85. Компенсатор плавучести «регулируемый жилет»

или после выхода из воды). Поворотом рукоятки крана водолаз закрывает его воздушный канал из аппарата и открывает отверстие, сообщаемое с атмосферой через отвод, называемый грибком.

Для соединения клапанной коробки с гидрокombineзоном или водолазной маской служат штуцер с винтовой нарезкой и накидная гайка.

3.6.10. В последние годы в комплект снаряжения с открытой схемой дыхания обычно включают также жилет всплытия (жилет-компенсатор). Особую популярность это устройство получило за рубежом под названием «компенсатор плавучести» (рис. 85). Компенсатор плавучести предназначен для регулирования плавучести путем изменения объема воздуха, находящегося между двойными стенками компенсатора.

- дает возможность водолазу или подводному пловцу без приложения дополнительных усилий перемещаться по вертикали вверх или вниз, а также удерживаться на определенной глубине.

Первые образцы компенсаторов выполнялись в форме спасательного нагрудника, неудобного для пользования им под водой из-за нерационального взаимного расположения центров тяжести и плавучести. В дальнейшем появились различные модификации: компенсатор в виде трех «камер-бубликов» (в две просовываются руки, а одна располагается на спине), со спинными и нижними боковыми камерами, с одной спинной камерой, в

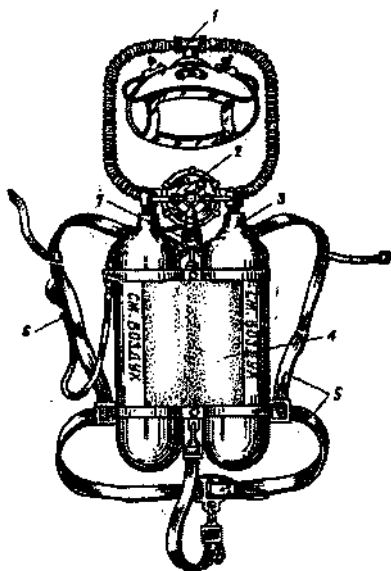


Рис. 86. Дыхательный аппарат АВМ-1М:
1 - клапанная коробка, 2 — дыхательный автомат, 3 — баллон, 4 — пенопластовая вставка, 5 — крепежные ремни, 6 — указатель минимального давления, 7 — запорный вентиль

с помощью манометра и указателя минимального давления, установленных на плечевом ремне и соединенных трубкой высокого давления с корпусом запорного вентиля. В этой же трубке находится зарядный штуцер для заполнения баллонов сжатым воздухом от компрессора. Аппарат размещается на спине с помощью двух наплечных, нагрудного, поясного и брасового ремней.

3.6.12. Аппарат АВМ-3 (рис. 87) имеет два баллона, обращенных горловинами вниз, с одним запорным вентиляем, клапан резервного воздуха, манометр на магистрали высокого давления, дыхательный автомат и редуктор. Автомат рассчитан на низкое установочное давление, имеет штуцер для присоединения шланга подачи воздуха с поверхности. Это позволяет использовать аппарат как в автономном, так и в шланговом варианте.

Все части аппарата смонтированы на металлической панели с обкладкой из мягкой резины. Арматура аппарата закрыта защитным кожухом. В комплект аппарата входят грузовой ремень со съемными грузами, маска ВМ-4, носовой зажим и инструментальная сумка. Цикл дыхания при использовании аппарата АВМ-3 происходит следующим образом: при открытом запорном вентиле баллона сжатый воздух идет к вентилю резервной подачи, отжимает его клапан и поступает в редуктор. В редукторе воздух прогибает мембрану, которая, двигая рычаг, толкателем постепенно

виде двойного жилета (один — спинной и второй — трехкамерный) и т.д.

Для крепления баллонов воздушно-дыхательного аппарата применяется встроенная в компенсатор пластмассовая анатомическая спинка или используются шитые фиксирующие ремни с антипроскальзывающей накладкой. Ремни компенсатора плавучести обычно имеют фиксирующе-регулирующие пряжки с замками, что позволяет подогнать по фигуре компенсатор и в дальнейшем пользоваться только замками.

3.6.11. Аппарат АВМ-3 (рис. 86) имеет два баллона, скрепленные хомутами, и общий запорный вентиль. Редуктор и дыхательный автомат размещены в общем корпусе непосредственно у запорного вентиля. Дыхательный автомат соединен трубками вдоха и выдоха с мундштучной коробкой, которая может иметь штуцер для крепления к гидрокombineзону или загубник.

Контроль за расходом воздуха в баллонах производится с помо-

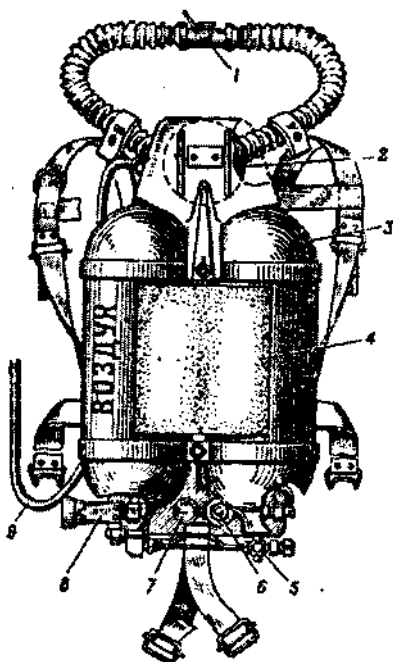


Рис. 87. Дыхательный аппарат АВМ-3:
1 — клапанная коробка, 2 — дыхательный автомат, 3 — воздушный баллон, 4 — пенопластовая вставка, 5 — зарядный штуцер, 6 — редуктор, 7 — манометр, 8 — клапан резервного воздуха, 9 — шланг подачи воздуха с поверхности

При использовании аппарата АВМ-3 в шланговом варианте воздух подается ко второму штуцеру дыхательного автомата.

3.6.13. Аппараты АВМ-5 (рис. 88), АВМ-6, АВМ-7 и АВМ-8 имеют одинаковую конструкцию. Их различие состоит в том, что аппараты АВМ-5 и АВМ-6 могут использоваться как в автономном варианте, так и с подачей воздуха по шлангу, а аппараты АВМ-7 и АВМ-8 — только как автономные. Кроме того, они различаются емкостью баллонов: у аппаратов АВМ-5 и АВМ-7 имеется два баллона емкостью по 7 л, а у аппаратов АВМ-6 и АВМ-8 — два по 10 л. В случае необходимости аппараты можно переоборудовать в однобаллонные аппараты, используя для этой цели панели, имеющиеся в комплекте аппаратов.

Аппарат АВМ-7С отличается от АВМ-7 тем, что ряд его частей выполнен не из металла, а из пластмассы, использованы быстроразъемные соединения узлов и предусмотрен специальный каркасный рюкзак для переноски аппарата, запчастей и принадлежностей.

Воздушные баллоны скреплены двумя парами хомутов, а в нижней части имеются резиновые башмаки. Запорный вентиль, вентиль резерв-

закрывает клапан. Редуктор отрегулирован так, что полное закрытие клапана происходит при установочном давлении 3—4 кгс/см². По трубке между редуктором и дыхательным автоматом воздух под этим давлением поступает к клапану дыхательного автомата. В период вдоха водолаза, осуществляемого через загубник и клапанную коробку, во внутренней полости автомата создается разрежение, вследствие чего мембрана автомата под действием внешнего давления прогибается и давит на рычаги, которые открывают клапан автомата. По окончании вдоха мембрана возвращается в исходное положение и клапан под действием своей пружины закрывается. При выдохе открывается клапан выдоха клапанной коробки и воздух через лепестковый клапан автомата вытравливается в воду. Когда давление в баллоне падает до 30—40 кгс/см², клапан вентиля резервной подачи закрывается и водолаз, почувствовав затруднение при вдохе, открывает этот вентиль поворотом маховичка на одну четверть оборота и выходит на поверхность.

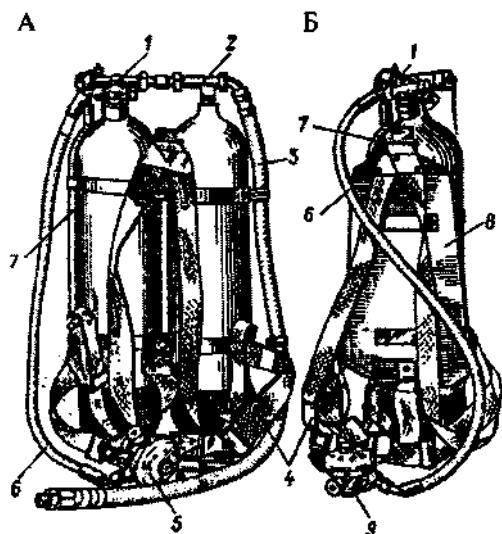


Рис. 88. Воздушно-дыхательный аппарат АВМ-5. А — с двумя баллонами, Б — с одним баллоном: 1 — вентиль основной и резервной подачи воздуха и редуктор, 2 — тройник с клапаном, 3 — водолазный шланг для подачи воздуха с поверхности, 4 — крепежные ремни (подвесная система), 5 — дыхательный автомат, 6 — шланг для подвода воздуха от редуктора к дыхательному автомату, 7 — дистанционное управление для открывания вентиля резервной подачи при недостатке воздуха на вдох, 8 — заспинная панель, 9 — штуцер вдоха и выдоха дыхательного автомата

во втором баллоне. В этом случае автоматически открывается промежуточный клапан и воздух начинает поступать одновременно из обоих баллонов. После израсходования воздуха в первом баллоне и падения давления во втором баллоне до 20—40 кгс/см² происходит закрытие промежуточного клапана, что приводит к затруднению дыхания водолаза. Это является сигналом для водолаза о том, что рабочий запас воздуха израсходован. Водолаз с помощью ручки дистанционного управления должен открыть вентиль резервной подачи и начать подъем на поверхность.

3.6.14. Аппарат ШАП-62 (рис. 89) является шланговым аппаратом и по своему устройству близок к аппарату АВМ-3. Он отличается от аппарата АВМ-3 тем, что в нем отсутствует вентиль резервной подачи и имеются не два, а три баллона резервной подачи воздуха общей емкостью 3,6 л с рабочим давлением 150 кгс/см². При подаче воздуха по шлангу с поверхности аппарат может использоваться для спусков на глубины до 30 м. Баллоны смонтированы на металлической панели с защитным кожухом. Запорный вентиль с зарядным штуцером, редуктор и дыхательный автомат расположены так же, как и у аппарата АВМ-3. Система ремней ап-

ной подачи и редуктор установлены на одном из баллонов. Дыхательный автомат с загубником или штуцером для присоединения к гидрокombineзону располагается у рта водолаза и соединяется шлангом с редуктором. В аппаратах АВМ-5 и АВМ-6 на первом баллоне вместо углового штуцера установлен штуцер с невозвратным клапаном для присоединения водолазного шланга.

Схема дыхания в этих типах аппаратов идентична схеме дыхания в аппарате АВМ-3, за исключением следующего:

- установочное давление редуктора составляет 8—10 кгс/см² вместо 3—4 кгс/см²;
- подача воздуха из первого баллона происходит до тех пор, пока давление в нем не станет на 20—40 кгс/см² меньше давления

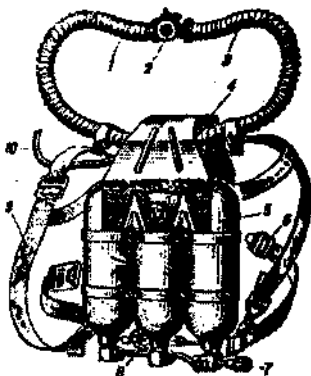


Рис. 89. Шланговый аппарат ШАП-62:

1 — трубка вдоха, 2 — клапанная коробка, 3 — трубка выдоха, 4 — дыхательный автомат, 5 — баллон, 6 — быстроразъемный замок поясного ремня, 7 — запорный вентиль, 8 — редуктор, 9 — плечевой ремень, 10 — водолазный шланг для подачи воздуха с поверхности

редуктора отрегулировано на $4,5\text{--}5\text{ кгс/см}^2$, имеется манометр высокого давления, резьбовые устройства позволяют присоединить дыхательный автомат к штуцеру гидрокостюма типа «Садко-2» или привернуть загубник при спуске без гидрокостюма, дюзовый (физиологический) сигнализатор минимального давления включается не с помощью дистанционных тяг, а нажатием на рычаг резерва непосредственно рукой водолаза.

3.6.16. Снаряжение водолазное универсальное СВУ-4-2, состоящее из аппарата АВМ-9К и гидрокombineзона УГК-1, обеспечивает жизнедеятельность водолаза в шланговом и автономном режимах на глубинах до 65 м в воде, загрязненной нефтепродуктами с концентрацией до 100 мг/л. Кроме аппарата и гидрокombineзона в комплект снаряжения входят водолазный шланг ВШ-7, редуктор ВДС 200/25, нагрудный груз, комплект гарнитуры ТГМ-3. Время действия АВМ-9К в автономном режиме при давлении в баллонах $180\text{--}200\text{ кгс/см}^2$ на глубине 5 м — 37 мин, 10 м — 28 мин.

3.6.17. Воздушно-дыхательный аппарат АМВ-12 (рис. 90) предназначен для выполнения работ на глубинах до 60 м и выпускается в двух вариантах: автономном и шланговом. Аппарат состоит из баллонов с запорной арматурой, комплекта регулятора, подвесной системы и дистанционного блока. Комплект регулятора состоит из редуктора, дыхательного автомата и соединительного шланга. Конструкция редуктора АВМ-12 создана на основе схемы редуктора АВМ-1 М, но с рядом существенных

парата ШАП-62 включает два плечевых, нагрудный и поясной.

3.6.15. Аппарат «Украина-2» имеет схему, аналогичную схеме аппарата АВМ-3. Два баллона скреплены двумя парами хомутов горловинами вверх, в нижней части имеются резиновые башмаки. На одном из баллонов установлен запорный вентиль с зарядным штуцером, включателем резерва, редуктором и штуцером для крепления манометра на правом плечевом ремне. Включатель резерва имеет тягу с кольцом у нижней части баллона. Установочное давление редуктора составляет $6\text{--}7\text{ кгс/см}^2$. Система крепления аппарата на спине водолаза состоит из двух плечевых, поясного и брасового ремней. Плечевые и поясные ремни сделаны воедино, их длина регулируется в угловых пряжках на нижних хомутах и в быстро размыкающейся пряжке поясного ремня.

В аппарате АСВ-2 («Юнга») использованы основные узлы аппарата «Украина-2», но в отличие от последнего он укомплектован двумя облегченными стальными баллонами емкостью по 4 л с рабочим давлением 200 кгс/см^2 , установочное давление

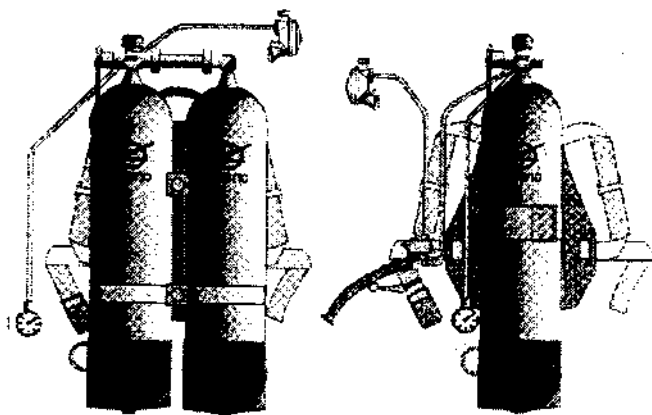


Рис. 90. Воздушно-дыхательный аппарат АМВ-12

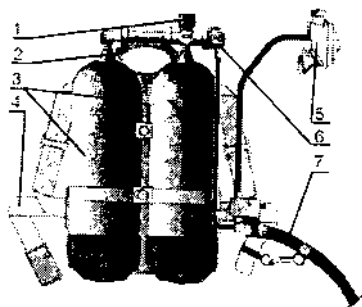


Рис. 91. Шланговый воздушно-дыхательный аппарат ШАП-96:

1 — вентиль баллонов, 2 — система крепления баллонов, 3 — баллоны, 4 — подвесная система, 5 — вторая ступень регулятора (дыхательный автомат), 6 — первая ступень регулятора (редуктор), 7 — шланг подачи воздуха с поверхности к дистанционному блоку ДБК-1

воздуха 20 л/мин. Давление предохранительного клапана — от 13 до 15 кгс/см². Присоединительный размер крепления регулятора соответствует международному стандарту. Подвесная система аппарата смонтирована на пластиковой анатомической площадке, обеспечивающей крепление как одного, так и двух баллонов по 7 л с давлением 200 кгс/см². Дистанционный блок ДБК-1 предназначен для коммутации подачи воздуха с поверхности и от автономного аппарата к работающему водолазу.

3.6.18. Шланговый воздушно-дыхательный аппарат ШАП-96 (рис. 91) предназначен для снабжения водолаза воздухом, поступающим от внешнего источника по водолазному шлангу. По комплектации и характеристикам система воздухообеспечения близка к таковой аппарата АМВ-12. Аппарат обеспечивает продолжительное выполнение водолаз-

изменений: редуктор имеет выход высокого давления для подключения манометра, несколько выходов низкого давления для одновременного питания нескольких потребителей (компенсатор плавучести, второй дыхательный автомат, поддув в гидрокombineзон и т.д.). Редуктор работоспособен при давлении на входе от 25 до 250 кгс/см² и давлении на выходе редуктора 8,5—9,5 кгс/см² с расходом



Рис. 92. Шланговый подводный аппарат ШАП-2000

ных работ на глубинах до 40 м, а в случае прекращения подачи воздуха по шлангу — выход водолаза на поверхность с рабочей глубины. Аппарат состоит из двух баллонов по 2 л с давлением 200 кгс/см², комплекта регулятора, подвесной системы и дистанционного блока ДБК-1.

3.6.19. Шланговый подводный аппарат ШАП-2000 (рис. 92) может эксплуатироваться на глубинах до 60 м. Компактность исполнения обеспечивает удобство водолаза при работе и позволяет использовать аппарат в стесненных условиях. Комплект аппарата имеет блок баллонов, редуктор, подвесную систему, манометр высокого давления, нагрудный груз, утяжелитель аппарата и ЗИП. Два баллона с запорной аппаратурой объемом по 2 л с рабочим давлением 200 кгс/см² смонтированы на панели горловинами вниз.

Новый редуктор поршневого типа ВР-15 позволяет в течение длительного времени эксплуатации не проводить его техническое обслуживание. Ремни подвесной системы легко регулируются. Аппарат выпускается в трех исполнениях для использования в комплектах СВУ, СВВ-97 и СВВ-97-1. В первых двух исполнениях аппарат дополнительно комплектуется дистанционным блоком.

3.6.20. В качестве гидрозащитной одежды в комплект снаряжения с открытой схемой дыхания входят гидрокombineзоны СВУ-А, СВУ-Б, УГК-1 и др., а также гидрокостюмы типа «Садко», «Нептун», ГС-1 и др.

В комплект универсального водолазного снаряжения СВУ входят 2 гидрокombineзона СВУ-А и 1 гидрокombineзон СВУ-Б, комплект снаряжения СВУ-3 укомплектован гидрокостюмами УГК-1, -2, -3 и -4.

Гидрокombineзон СВУ-А (рис. 93 А) имеет шлем-маску, куртку и штаны, сделанные как единая одежда, причем рукава заканчиваются трехпальными перчатками.

Гидрокombineзон СВУ-А изготавливается из водогазонепроницаемой прорезиненной материи на трикотажной основе серо-зеленого цвета. Закрытая шлем-маска гидрокombineзона состоит из капюшона и вклеенной в него маски с иллюминатором. Внутри маски сделаны 2 эластичных резиновых выступа для зажатия носа при продувании ушных полостей во время спуска. Внутри шлема размещена дыхательная полумаска и телефонная гарнитура. Снаружи шлема укреплена система ремней с застежками, с помощью которой полумаска плотно прижимается к лицу водолаза. Одевание водолаза производится через отверстие в грудной части гидрокombineзона. Вокруг этого отверстия вклеен аппендикс, который герметизируется жгутом.

Гидрокombineзон СВУ-Б (рис. 93 Б) по раскрою и герметизации практически не отличается от гидрокombineзона СВУ-А. Рукава гидроком-

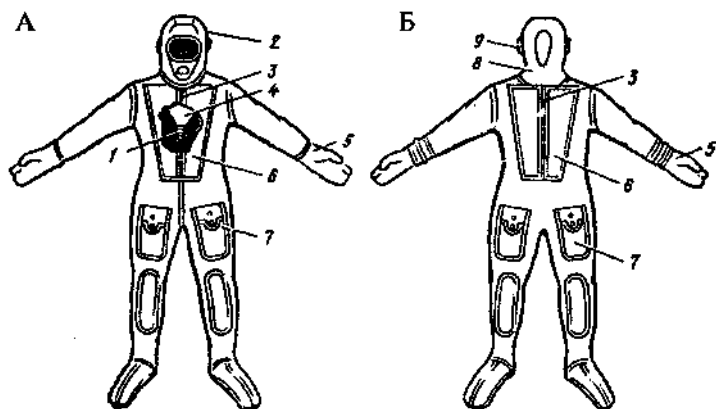


Рис. 93. Гидрокомбинезоны.

А-СВУ-Аи Б-СВУ-Б:

- 1 - жгут, 2 — шлем-маска, 3 — застежка-молния, 4 - аппендикс, 5 — рукавица,
6 - фартук, 7 - карман, 8 - подшлемник, 9 - гнездо телефона

бинезона СВУ-Б оканчиваются эластичными манжетами, которые плотно обтягивают запястья рук водолаза при спусках без рукавиц. При использовании рукавиц на запястья водолаза надеваются жесткие кольца, на которые натягивают манжеты куртки и рукавицы, а снаружи над жесткими кольцами — эластичные резиновые кольца. Открытый шлем гидрокомбинезона сделан из эластичной резины. С боков он имеет ниппеля для соединения с трубками водолазной маски ВМ-4, с которой используется гидрокомбинезон. Такое соединение обеспечивает выравнивание давления в полости наружного уха с давлением в подмасочном пространстве.

Гидрокомбинезоны УГК, входящие в комплект снаряжения СВУ-3, по своему устройству сходны с гидрокомбинезоном СВУ-А. Отличаются они тем, что сделаны из более прочного материала и имеют фартук для закрытия аппендикса, застегивающийся на резиновые пукли. Кроме того, они имеют травящие клапаны в нижних частях штанин и более совершенное крепление для телефона в шлеме. Могут использоваться в интервале температур воздуха, превышающих допустимые нормы для водолазных спусков: воздуха от -30 до $+40$ °С, а в гидрокомбинезоне УГК-4 допускается находиться в течение не более 15 мин при температуре до -45 °С. Гидрокомбинезоны УГК-1, -2, -3, -4 изготовлены из прорезиненной ткани на трикотажной основе, УГК-1П, -2П, -3П, -4П - из ячеистой резины, облицованной с двух сторон эластичным трикотажным полотном. Гидрокомбинезон УГК-1 имеет яркую оранжевую окраску, а остальные гидрокомбинезоны — темно-зеленую. Цвет гидрокомбинезонов из ячеистой резины может быть различным. Гидрокомбинезоны УГК-2 и УГК-3 имеют на шлеме разъем, позволяющий водолазу при нахождении на суше легко освободить голову от шлема, не снимая гидрокомбинезона для свободного дыхания. Масса гидрокомбинезонов составляет от 5,0 до 6,5 кг.

Гидрокомбинезоны различных зарубежных фирм отличаются от отечественных изделий наличием герметичной молнии, шейного obtюратора, открытой лицевой части, клапанов для регулировки плавучести, эластичных манжет под «мокрые» или «сухие» перчатки. Обычно для изготовления гидрокомбинезонов применяются неопрен, триламинат или натуральная резина. Комбинезоны имеют клеенные боты, в районе плечевых суставов, локтей, паха и колен устанавливаются специальные усиления из кевлара или высокопрочной резины.

Предусмотрена возможность одевания теплоизолирующего белья под гидрокомбинезоны зарубежных фирм. Могут применяться специальные утеплители на основе материала «тинсулэйт», ткань которых обладает односторонней пропускной способностью для паров влаги, выделяемой телом человека при физической работе. Утеплители В200 и В400 различаются по толщине, профессиональные водолазы обычно используют последнюю модель, имеющую большую толщину (10мм). Свнешней стороны тинсулэитовые утеплители имеют нейлоновое покрытие, а изнутри - гигиенический материал типа плюша.

Гидрокостюмы в отличие от гидрокомбинезонов состоят из отдельных частей. Они бывают «сухого» и «мокрого» типов, используются в основном для плавания под водой и должны плотно облегают тело водолаза.

Комплект гидрокостюма «сухого» типа «Садко» (рис. 94 А) состоит из открытого шлема, куртки и брюк. Шлем гидрокостюма «Садко-2» (рис. 94 Б) внутри имеет загубник, а снаружи — головной ремешок для крепления загубника. В передней части шлема располагается штуцер с накидной гайкой для присоединения дыхательного аппарата. Шлем герметизируется с курткой с помощью шейного разреза. На

подшлемнике укреплены ремешки для плотного облегания головы водолаза и трубки для выравнивания давления в полости уха с подшлемным пространством. Снизу куртка заканчивается эластичной манжетой для соединения с брюками. Рукава куртки также имеют манжеты, с помощью которых могут присоединяться пятипалые перчатки. Брюки в верхней части имеют манжету для соединения с курткой и помочи (подтяжки) регулируемой длины. Соединения куртки со шлемом и с перчатками осуше-

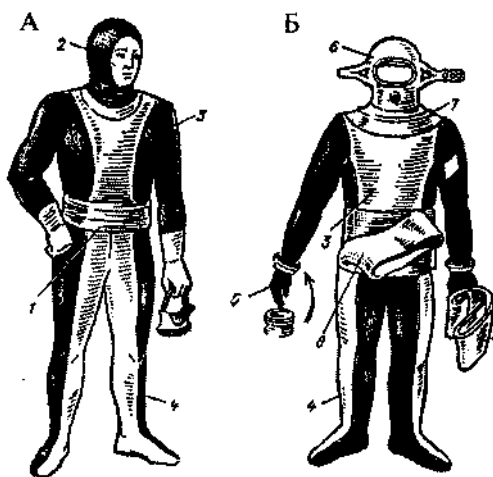


Рис. 94. Гидрокостюм «сухого типа».

А — «Садко», Б — «Садко-2»:

- 1 — резиновый пояс, 2 — закрытый шлем,
- 3 — куртка, 4 — брюки, 5 — перчатки,
- 6 — закрытый шлем, 7 — шейный разъем,
- 8 — эластичная манжета

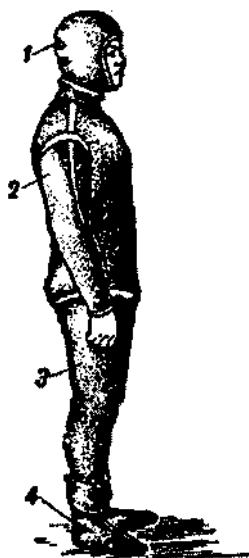


Рис. 95. Гидрокостюм «Нептун-1»:
1 - открытый шлем (капюшон), 2 - куртка, 3 — штаны, 4 — чулки

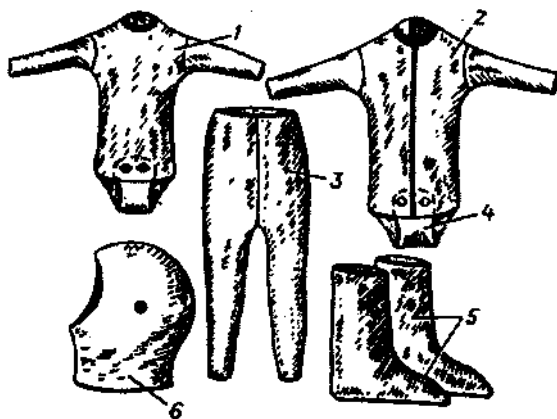


Рис. 96. Гидрокостюмы М1, М2 и М3:
1, 2 — куртка, 3 — брюки, 4 — запах, 5 — носки, 6 — шлем

связываются с помощью двух резиновых колец (жесткого и эластичного). Манжеты сначала натягиваются на жесткое кольцо, затем обтягиваются эластичным кольцом. Куртка и брюки соединяются путем скатывания их манжет и покрытия образовавшегося валика эластичным резиновым поясом.

На гидрокомбинезонах и гидрокостюмах устанавливаются травящие клапаны, предназначенные для удаления воздуха из внутреннего пространства гидрокомбинезонов и гидрокостюмов. Они размещаются на задней части шлемов. У гидрокомбинезона УГК-1, кроме того, они ставятся в районе голеностопных суставов. Предохранительные клапаны устанавливаются только на гидрокомбинезонах сверху с правой стороны шлемов. Включение и выключение клапана производится вручную поворотом его крышки.

Гидрокостюмы «мокрого» типа «Нептун» (рис. 95) изготавливаются из водонепроницаемого губчатого материала, сдублированного с тканью, придающей губчатой массе прочность. Они надеваются на голое тело и должны плотно облегать его. У «Нептуна-1» верхняя часть изготовлена в виде рубашки без застежек, а у «Нептуна-2» — в виде куртки с застежкой «молния». В комплект обоих образцов входят также шлем, штаны и чулки. Тонкий слой воды между телом и костюмом быстро нагревается до температуры тела.

Гидрокостюмы «мокрого» типа М1, М2 и М3 (рис. 96) имеют в составе куртку, брюки, шлем и носки. Отличаются конструкцией курток. Гидрокостюм М6 обладает более совершенной формой и улучшенной теплозащитой.

Зарубежные «мокрые» гидрокостюмы изготавливаются из неопрена и обычно имеют толщину 5,5 или 7 мм. Различают «монокостюмы» (скроенные в виде единого целого), «раздельные» гидрокостюмы (из

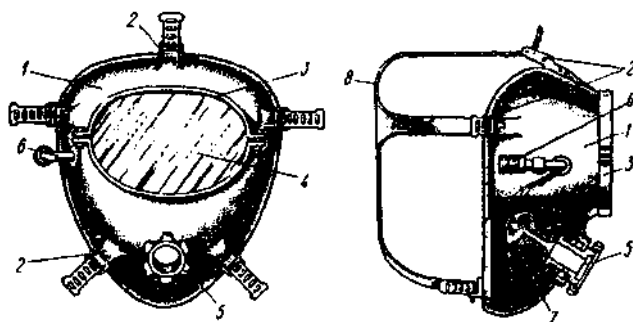


Рис. 97. Водолазная маска ВМ-4:

1 — корпус, 2 — пряжка, 3 — обойма, 4 — иллюминатор, 5 — соединительный штуцер, 6 — соединительная трубка, 7 — загубник, 8 — оголовье

двух или трех частей: шлема, куртки и брюк) и комбинированные гидрокостюмы (монокостюмы с длинными штанинами и рукавами, но без шлема, капюшона и жилета-безрукавки).

Используются также зарубежные гидрокостюмы «полусухого» типа, являющиеся промежуточной разновидностью между «сухими» и «мокрыми» костюмами. В «полусухих» гидрокостюмах молния герметична, но отсутствует латексный шейный обтюратор, ступни и кисти открыты, но манжеты обеспечивают улучшенную обтюрацию конечностей. Такие особенности приводят к тому, что теплозащитные свойства таких костюмов примерно на 10-15 % выше «мокрых» гидрокостюмов.

3.6.21. Водолазные маски (рис. 97), входящие в комплект водолазного снаряжения, предназначены для изоляции лица от воды и подключения к дыхательному аппарату при спусках в гидрокомбинезонах и гидрокостюмах с открытой лицевой частью.

Водолазная маска имеет корпус из резины с эластичной кромкой, прилегающей к лицу водолаза. На передней части маски имеются иллюминатор и штуцер с накидной гайкой для соединения с дыхательным аппаратом. Внутри маски на патрубке соединительного штуцера закреплен загубник. Соединительная трубка маски служит для прохода воздуха из полости маски в шлем гидрокомбинезона и выравнивания давления в полости среднего уха при погружении. Маска крепится на голове с помощью регулируемых ремней.

Полумаска в отличие от маски изолирует только глаза и нос водолаза. Она также имеет иллюминатор и закрепляется на голове водолаза регулируемыми ремешками.

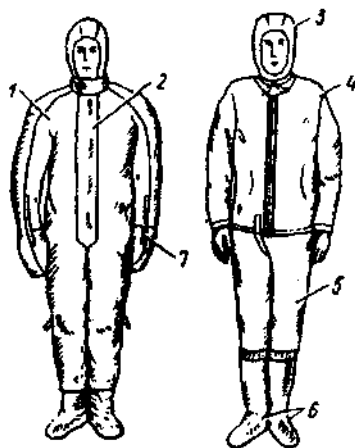


Рис. 98. Теплозащитная одежда ТОВ-2 (ТОВ-2М):

1 — комбинезон, 2 — застежка, 3 — подшлемник, 4 — жилет, 5 — нательное белье, 6 — носки, 7 — распах

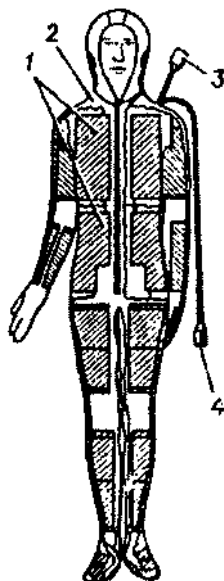


Рис. 99. Костюм с эластичными электронагревательными элементами:

1 — нагревательные элементы, 2 — шерстяное трикотажное полотно, 3, 4 — штепсельные разъемы

В состав электрообогревательной одежды (рис. 99) входит трикотажный хлопчатобумажный комбинезон, комбинезон из шерстяного трикотажного полотна, костюм с эластичными нагревательными элементами, а также утепляющий комбинезон из капронового волокна с прокладкой из ватина и внутренней подкладкой из искусственного меха. Питание нагревательных приборов с напряжением на элементах 24 ± 2 В при потребляемой мощности 0,3 кВт осуществляется от пульта управления.

Водообогрев подразделяется на «сухой» и «мокрый». К «сухим» видам костюмов относится костюм водяного обогрева КВО (рис. 100), предназначенный для использования под гидрокombинезоном ГК СВГ-В в комплекте глубоководного водолазного снаряжения СВГ-200 В с полузамкнутой схемой дыхания.

3.6.22. Теплозащитные средства подразделяются на средства пассивной теплозащиты и средства активного обогрева.

К средствам пассивной теплозащиты относятся шерстяное и меховое белье (свитер, рейтузы, феска, чулки, носки и перчатки), утеплители и теплозащитная одежда. Утеплитель по теплозащитным свойствам соответствует одному комплекту шерстяного белья и представляет собой комбинезон из полиуретанового поропласта, облицованного трикотажным полотном, а также подшлемника из того же материала. Теплозащитная одежда ТОВ-2 и ТОВ-2М (рис. 98) обеспечивает эффективную защиту от переохлаждения. Она состоит из утепленного комбинезона, выполненного воедино со шлемом, штанинами и бахилами. Под комбинезон надевается шерстяное или хлориновое нательное белье, подшлемник, жилет и носки. Распах с текстильной застежкой позволяет при необходимости снять перчатки.

К средствам активного обогрева относятся электрообогревательная одежда ВЭКГ-72 и водообогреваемые гидрокостюмы.



Рис. 100. Костюм водяного обогрева КВО:

1 — разводящие трубки, 2 — коллекторные трубки

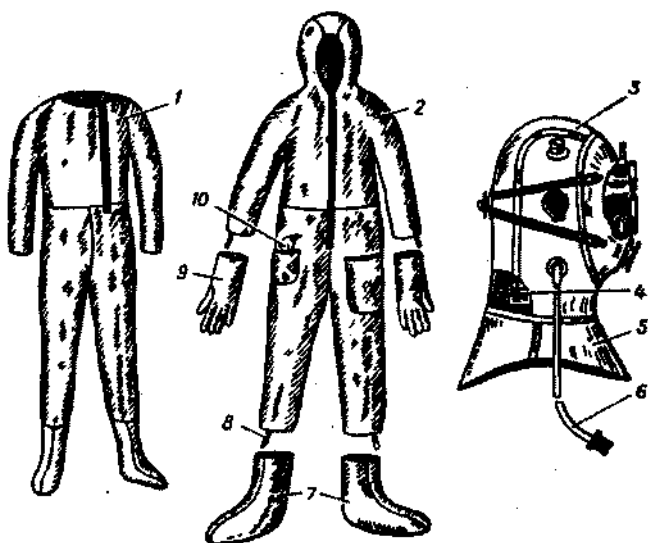


Рис. 101. Гидрокомбинезон ВВГ-1:

1 — гигиенический комбинезон, 2 — защитный комбинезон, 3 — шлем, 4 — шейный обтюратор, 5 — манишка, 6 — кабель связи, 7 — бахилы, 8 — трубки, 9 — перчатки, 10 — коллектор

Нагретая на поверхности вода поступает по шлангу через соединительный узел гидрокомбинезона, разъем и приемный коллектор КВО, циркулирует по трубкам на костюме и отводится наружу. Температура воды до $+50^{\circ}\text{C}$.

Образцами костюмов «мокрого» типа являются водообогреваемые гидрокомбинезоны ВВГ-1 (рис. 101) и ВВГ-2 для глубоководных погружений и водообогреваемый костюм, входящий в состав снаряжения с открытой схемой дыхания для спусков на глубины до 60 м, разработанного Харьковским филиалом ВНИПИморнефтегаза. Эти костюмы изготавливаются из ячеистой резины с трикотажной облицовкой и имеют в своем составе внутренний гигиенический, наружный защитный комбинезоны и мягкий шлем. Нагретая морская вода с поверхности поступает в пространство между наружным и внутренним комбинезонами, обогревает тело водолаза и удаляется в окружающую среду. Температура на входе в гидрокомбинезон обычно регулируется в пределах $45-50^{\circ}\text{C}$.

3.6.23. Легководолазные грузы и грузовой пояс служат для погашения положительной плавучести водолаза под водой при использовании снаряжения с открытой схемой дыхания. При плавании под водой водолаз надевает только грузовой пояс, а при работе с твердой опоры — нагрудный груз и грузовой пояс.

3.6.24. К дополнительным аксессуарам водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания, которые чаще используются в подводном спорте и дайвинге, относятся:

- аналоговые приборы: часы, компасы, глубиномеры, манометры на гибком шланге от аппарата;

- цифровые приборы: цифровой прибор водолаза (в процессе погружения показывает глубину нахождения водолаза, максимально достигнутую глубину, температуру окружающей воды, время погружения и предупреждение пловца о превышении скорости всплытия, а при нахождении на поверхности — температуру окружающей среды, время нахождения на поверхности и максимально достигнутую глубину за время последних четырех погружений) и цифровой компас водолаза (дает мнемоническое указание сторон света и курс в цифровом виде, может вести аквалангиста по заранее выбранному азимуту с помощью мнемонических символов);

- средства подводного освещения, подводная фото- и видеотехника;
- средства гидроакустической связи, навигации и поиска, подводные металлоискатели;

- средства для проведения декомпрессии: декомпрессионные таблицы, декомпрессиометры (в последнее время их чаще называют «компьютерами»);

- резервные дыхательные аппараты (SPARE AIR) с объемом свободного воздуха 40—70 л, что позволяет сделать лишь несколько вдохов во время аварийного всплытия.

3.6.25. Для проведения промышленных водолазных спусков и подводных работ в интересах ВМС в ряде стран широко применяется снаряжение с открытой схемой дыхания SUPERLITE-17 (модели А, В и С) и SUPERLITE-27 (модели А и В), получившее распространение и в нашей стране. В шланговом варианте снаряжение предназначено для спуска водолазов на глубины до 50 м с использованием для дыхания сжатого воздуха.

В комплект снаряжения SUPERLITE-17 входят водолазный шлем, шейный зажим, гидрокомбинезон (гидрокостюм), баллоны с резервным воздухом, водолазный шланг, водолазные грузы, сигнальный конец, ласты, водолазный нож, глубиномер и часы.

Шлем (рис. 102) изготавливается из фибергласса и полистирола. Снаружи шлем имеет иллюминатор, дыхательный автомат, вентиль для подачи воздуха внутрь шлема и вентиль для подачи воздуха к дыхательному автомату из аварийных баллонов. Подача воздуха к дыхательному автомату по шлангу с поверхности регулируется с помощью редуктора, установленного на щите руководителя спуска. Имеются гермоввод для подключения к шлему кабеля связи, клапан для стравливания воздуха из шлема при подаче его непосредственно в шлем и грузы для погашения положительной плавучести шлема.

Внутри шлема находятся дыхательная полумаска, поролоновый подшлемник, надеваемый на голову, наушники и микрофон для связи с руководителем спуска. Дыхательная полумаска плотно прилегает к лицу, закрывая рот и нос водолаза, и с помощью переходного штуцера соединяется с дыхательным автоматом. Для выравнивания давления под дыхательной полумаской с давлением в подшлемном пространстве полумаска имеет автоматический клапан. В месте присоединения водолазного шланга к шлему имеется невозвратный клапан, предохраняющий от стравливания воздуха из шлема в случае разрыва водолазного шланга.

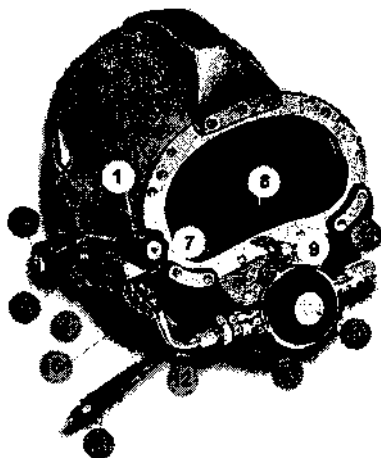


Рис. 102. Шлем снаряжения SUPERLITE-17:

1 — вентиль постоянной подачи, 2 — вентиль резервной подачи, 3 — обратный клапан, 4 — отверстие для подсоединения шланга поддува костюма, 5 — узел шейного замка, 6 — герморазъем кабеля связи, 7 — вентиль подачи воздуха на обдув стекла иллюминатора, 8 — дыхательная полумаска, 9 — устройство для зажима носа, 10 — дыхательный автомат, 11 — отвод выдыхаемого газа, 12 — замок для фиксации шейного зажима, 13 — клапан автоматического слива воды из шлема

Дыхательный автомат установлен на лицевой стороне шлема в районе ротовой полости. Он обеспечивает подачу воздуха при вдохе водолаза под давлением, равным давлению окружающей воды. Автомат спереди имеет кнопку, предназначенную для подачи воздуха на вдох вручную при нажатии на нее пальцем руки.

Шейный зажим обеспечивает без посторонней помощи быстрое герметичное соединение шлема с гидрокombineзоном, закрепление шлема на водолазе и надежную герметизацию головы от пространства гидрокombineзона и окружающей воды. Он имеет манжету и соединенный со шлемом хомут, внутренний диаметр которого меньше диаметра головы. Это исключает самопроизвольное снятие шлема с головы водолаза в аварийных условиях. Хомут состоит из двух раздвигающихся частей на специальной оси и замка с рычагом. Хомут размещается вокруг верхней части шеи и нижней части головы. Манжета имеет отверстие для прохода головы и жесткое кольцо. Она плотно облегает шею и при небольшом избыточном давлении в шлеме надежно герметизирует его внутренний объем.

Баллоны с резервным запасом воздуха (два баллона по 7 л или один баллон 10 л) имеют рабочее давление 200 кгс/см^2 , запорный вентиль и редуктор с установочным давлением 10 кгс/см^2 . Воздух из баллона по трубке поступает к запорному вентилю, расположенному на шлеме. После открытия водолазом этого вентиля воздух поступает к дыхательному автомату шлема.

Схема дыхания в снаряжении идентична дыханию в отечественных образцах аппаратов снаряжения с открытой схемой дыхания в шланговом варианте. В отличие от отечественных образцов снаряжения в

SUPERLITE-17 помимо подачи воздуха к дыхательному автомату предусмотрена дополнительная подача воздуха непосредственно в подшлемное пространство в районе иллюминатора шлема. Указанная система позволяет водолазу вручную провентилировать подшлемное пространство свежим сжатым воздухом и отжать воду из шлема в случае ее попадания в подшлемное пространство.

Гидрокомбинезон представляет собой одежду, сделанную воедино со штанами и чулками. К гидрокомбинезону прилагаются сапожки и перчатки. Гидрокомбинезоны изготавливаются из ячеистого неопрена, покрытого с обеих сторон джерси-нейлоном. Снаружи ткань имеет оранжевый цвет, а внутри синий. В шейной части гидрокомбинезона имеет отверстие с мягким резиновым фланцем, который натягивается на жесткое кольцо шейного зажима шлема. Поверх фланца гидрокомбинезона на кольцо натягивается нижняя часть надетого на голову эластичного шлема. Гидрокомбинезон после соединения со шлемом становится герметичным. Ткань гидрокомбинезона в области колен и локтей усилена дополнительными накладками. Трехпалые перчатки и сапожки сделаны из того же материала, что и гидрокомбинезон. Рукава оканчиваются эластичными манжетами, на которые натягиваются манжеты трехпалых перчаток. Для удобства одевания гидрокомбинезон на спине в области лопаток имеет широкий разрез, который герметизируется после его одевания застежкой типа газоводонепроницаемой молнии. Под гидрокомбинезон надевается шерстяное водолазное белье.

Водолазные грузы предназначены для погашения положительной плавучести водолаза. Грузы представляют собой свинцовые пластины массой 1,2 кг, закрепленные на поясном ремне. Грузовые ремни делаются из синтетических материалов и имеют быстроразъемную пряжку, позволяющую растегивать ее одним движением и сбрасывать ремень. Для плавания под водой водолаз в снаряжении должен иметь плавучесть, близкую к нулю.

Остальные комплектующие изделия водолазного снаряжения схожи с отечественными образцами.

Шлем SUPERLITE-27 внешне напоминает шлем SUPERLITE-17 (модели А и В), но по сравнению с последним усовершенствован дизайн, модифицированы кольцевой зажим и механизм закрытия замка, что обеспечило повышение надежности и защиту от механических повреждений нижней части шлема. Конструкция шлема обеспечивает равномерное распределение его веса под водой. Кроме того, водолаз получил возможность регулировки опоры подбородка для индивидуальной подгонки. Усовершенствованы подшлемник-утеплитель, гарнитура связи и присоединение воздушного шланга.

3.6.26. В нашей стране нашло применение также водолазное снаряжение французской фирмы «COMEX Pro». В комплект снаряжения для спусков с поверхности входят шлем-маска «Физали», баллон с резервным воздухом, гидрокомбинезон, водолазный шланг, водолазные грузы, ласты, боты, водолазный нож и водолазные часы. На рис. 103 представлен внешний вид шлем-маски «Физали», в которой был осуществлен рекордный спуск на глубину 501 м в 1977 г.



Рис. 103. Шлем-маска «Физали».

Шлем-маска имеет жесткую лицевую пластмассовую обойму, к которой герметично присоединен мягкий неопреновый шлем, облегающий голову и шею. На внутренней поверхности неопренового шлема размещены телефонные капсулы, прилегающие к ушным раковинам. На жесткой обойме шлем-маски закреплен лицевой иллюминатор, телефонный ввод, ручка для управления приливами полумаски, служащими носовым зажимом, и воздухораспределительное устройство с вентилем подачи воздуха на обдув стекла, вентилем аварийной подачи воздуха из заспинных баллонов аппарата, штуцер для присоединения воздушного шланга и штуцер для присоединения трубки, по которой воздух подается к дыхательному автомату. Внутри шлем-маска имеет эластичную прокладку вокруг лица, обеспечивающую изоляцию лица от подкостюмного пространства, и полумаску, закрывающую нос и рот для уменьшения вредного пространства шлем-маски. В полумаске имеются клапан для выравнивания давления в подшлемном пространстве с давлением в подмасочном пространстве и микрофон. Шлем-маска оборудована двумя дыхательными системами: для постоянной и периодической подачи воздуха. Постоянная система обеспечивает непрерывный поток газовой смеси в маску на ее стекло для исключения запотевания. Она имеет клапан, степень открытия которого регулируется доделазом с помощью вентиля, установленного на маске. Система периодической подачи имеет обычный дыхательный автомат, подающий воздух в полумаску при вдохе. Питаются обе системы по шлангу с поверхности через штуцер с невозвратным клапаном, установленным в газораспределительном устройстве. Для перехода на питание систем от

аварийного запаса газовой смеси из заспинных баллонов служит клапан с правой стороны шлем-маски. На жесткой обложке шлем-маски имеются металлические штыри, которые служат для крепления резинового «паука», обеспечивающего прижатие шлем-маски к лицу.

При спусках в автономном варианте используется 1 или 2 баллона объемом 10 л с рабочим давлением 200 кгс/см², а в шланговом варианте - 1 или 2 баллона объемом 3,33 л с рабочим давлением 196 кгс/см².

В комплект гидрокостюма снаряжения COMEX Pro входят куртка, штаны, трехпалые перчатки и сапожки. Куртка снабжена открытым лицевым шлемом, облегающим голову. На лицевой части шлема куртки имеются отверстия с металлической отделкой, с помощью которых шлем скрепляется со штырями жесткой обложки шлем-маски. Рукава куртки оканчиваются манжетами. Снизу куртка имеет откидной тканевой клапан, который пропускают между ног и застегивают на две кнопки. Штаны совмещены с жилетом, что обеспечивает дополнительную теплоизоляцию туловища. Области колен и локтей усилены дополнительными накладками. Перчатки гидрокостюмов выполнены трехпальными. Сапожки сделаны из того же материала, что и гидрокостюм. В области ступни они имеют рифленую подошву. Габариты сапожек позволяют надевать ласты. Материалом для костюмов служит ячеистый неопрен, дублированный с обеих сторон джерси-нейлоном. Дублирующая ткань снаружи — красно-оранжевого цвета, изнутри — синего. При изготовлении гидрокостюмов неопреновые части склеивают с торца и места склейки усиливают полосками из нейлоновой ткани черного цвета. Под гидрокостюм надевается шерстяное водолазное белье.

Остальные принадлежности снаряжения COMEX Pro мало отличаются от принадлежностей снаряжения SUPERLITE-17.

3.7. Физиолого-гигиенические характеристики водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания

3.7.1. Водолазное снаряжение с открытой схемой дыхания по сравнению с традиционным вентилируемым снаряжением имеет как некоторые преимущества, так и недостатки.

Наиболее существенные преимущества этого снаряжения перед вентилируемым заключаются в следующем:

- снаряжение с открытой схемой дыхания в отличие от вентилируемого снаряжения позволяет наряду с проведением водолазных работ с твердой опоры (грунт, затонувший объект и т.д.) осуществлять плавание под водой;
- при выполнении работы в теплой воде снаряжение с открытой схемой дыхания можно использовать без защитной одежды (гидрокомбинезона или гидрокостюма), что упрощает и облегчает его использование;
- снаряжение с открытой схемой дыхания не требует сложных средств обеспечения спусков, поэтому может использоваться для выполнения водолажных работ на плавсредствах различного назначения и на необорудованных участках побережья;

- более экономно расходуется сжатый воздух;
- исключается накопление во вдыхаемом воздухе и в подшлемном пространстве углекислого газа и связанных с ним случаев отравления углекислотой;
- благодаря конструктивным особенностям обеспечивается более легкая маневренность водолаза под водой;
- имеется резервный запас воздуха в заспинных баллонах аппарата, что обеспечивает безопасный выход водолаза в случае прекращения подачи воздуха по шлангу с поверхности;
- предусмотренная в зарубежных образцах снаряжения система дополнительной подачи воздуха в шлем-маску для обдува стекла позволяет удалять воду из подмасочного пространства в случае разгерметизации шлема и обеспечивать дыхание водолаза свежим воздухом.

3.7.2. Снаряжение с открытой схемой дыхания имеет ряд недостатков, связанных с его конструктивными особенностями.

3.7.2.1. При использовании этого снаряжения в автономном варианте из-за ограниченного запаса воздуха в баллонах время работы водолаза на грунте ограничено в значительно большей степени по сравнению с вентилируемым снаряжением. Время работы водолаза в таком снаряжении зависит от запасов воздуха в баллонах и глубины спуска. Расчеты расхода воздуха или 40 %-ной кислородно-азотной смеси при использовании снаряжения с открытой схемой дыхания и максимально допустимого времени пребывания водолаза под водой приведены в п. 3.4 приложения 2.

3.7.2.2. Применение дыхательного автомата в аппарате вызывает по сравнению с дыханием в вентилируемом снаряжении дополнительное сопротивление. Известно, что сопротивление в 80—100 мм вод.ст. оказывает влияние на частоту и ритм дыхания: оно становится неправильным, вызывая усталость водолаза. Повышенное сопротивление дыханию создается за счет механических, аэродинамических и гидростатических составляющих. Механическое сопротивление (и частично аэродинамическое) обусловлено конструктивными особенностями деталей дыхательного автомата (рычагов, пружин, мембран). Аэродинамический компонент сопротивления находится в прямой зависимости от интенсивности и характера дыхания, величины легочной вентиляции. Гидростатическое сопротивление зависит от места размещения дыхательного автомата на аппарате, размещения аппарата на водолазе и положения водолаза под водой. Оно определяется как разность гидростатического давления на мембрану дыхательного автомата и на центр грудной клетки. Таким образом, общее сопротивление дыханию в аппарате не бывает постоянным даже при использовании одного и того же аппарата. Оно изменяется в зависимости от условий спуска, характера выполняемой работы под водой и положения тела водолаза (вертикального, горизонтального, наклонного).

Если дыхательный автомат расположен на спине, на уровне лопаток, то он почти при всех положениях водолаза находится выше центра легких, при этом расстояние между дыхательным автоматом и центром легких по высоте не превышает 100 мм. Если же автомат находится на груди, то рас-

стояние от него до центра легких будет колебаться в таких же пределах, но при плавании автомат будет находиться ниже центра легких. В случае расположения автомата около рта при плавании водолаза он будет находиться практически на уровне центра легких, но зато при вертикальном положении будет удален от центра легких более чем на 200 мм.

При расположении дыхательного автомата ниже уровня центра легких вдох будет облегчен, а выдох затруднен. При нахождении автомата выше уровня центра легких создается затруднение при вдохе и обеспечивается более свободный выдох.

В отечественных аппаратах дыхательный автомат располагается сзади, на уровне лопаток, или спереди, на уровне рта, а в зарубежных образцах - только на уровне рта. Практика показывает, что расположение дыхательного автомата на уровне рта физиологически наиболее оправданно, так как этим обеспечивается более легкое дыхание.

3.7.2.3. Нарушения в работе дыхательного автомата могут привести к барогипертензии (при большом сопротивлении дыханию), к баротравме легких (при непрерывной подаче воздуха или прекращении подачи воздуха вследствие засорения дюз) и утоплению (при разрыве мембраны автомата).

Особую опасность представляет одноступенчатый дыхательный автомат первой модели дыхательного аппарата «Украина», поскольку при неисправности дыхательного автомата (например, при разрыве мембраны) разрыв легких происходит вследствие поступления в них воздуха высокого давления. Недостатком такого автомата является также зависимость сопротивления дыханию от давления воздуха в баллонах.

3.7.2.4. Использование сигнализатора минимального давления воздуха в баллонах, основанного на принципе постепенного увеличения сопротивления дыханию за счет перекрытия канала, по которому воздух поступает к дыхательному автомату, при форсированном дыхании во время работы под водой может привести к баротравме легких.

3.7.2.5. Наличие дыхательной полумаски или клапанной коробки и загубника увеличивает мертвое пространство, которое не участвует в газообмене легких. Это оказывает особенно неблагоприятное действие при выполнении водолазом тяжелой работы и при плавании под водой.

3.7.2.6. В отличие от вентилируемого снаряжения в отечественном снаряжении с открытой схемой дыхания водолаз полностью окружен водой со всех сторон без воздушной подушки в верхней части гидрозащитной одежды. В связи с этим при вертикальном положении водолаза под водой имеется большее неравномерное давление на тело столба воды (гидростатическое давление). Если с каждым метром глубины погружения давление воды возрастает на 76 мм рт.ст., то для водолаза среднего роста в 175 см разность давления столба воды на верхние и на нижние участки тела составит более 130 мм рт.ст. При этом создаются различные условия для тока крови по сосудам. По артериям кровь легче течет в сторону верхних участков тела, чем в сторону нижних. Поэтому у человека в положении стоя нижние конечности будут снабжаться кровью хуже, приток крови к ним будет затруднен. Отток крови по венам

из участков, лежащих выше сердца, будет затруднен, а от нижних конечностей будет облегчен, так как давлением воды кровь будет выжиматься по направлению к сердцу. Это приводит к переполнению крови верхних участков тела и к частичному обескровливанию нижних отделов. Недостаточно снабжаемые кровью нижние конечности охлаждаются быстрее, чем верхние участки тела. При горизонтальном положении водолаза кровообращение восстанавливается.

Плотное прилегание к телу водолазных гидрокостюмов (гидрокомбинезонов), особенно их жестких частей, может приводить к обжатию тела, «наминам», потертостям, а при использовании гидрокостюмов «сухого» типа «Садко» без шлем-маски — также к местному обжиму в результате снижения давления воздуха под гидрокombинезоном по отношению к окружающему давлению. Для ликвидации обжима должны использоваться специальные приспособления (трубочки, соединяющие подкостюмное пространство с одним из узлов подачи воздуха на дыхание).

3.7.2.7. Отсутствие воздушной подушки в верхней части гидрокombинезона (гидрокостюма) и шлема увеличивает опасность охлаждения головы и верхних конечностей, а также общего переохлаждения организма при выполнении подводных работ в холодной воде. Поскольку вода имеет теплопроводность в 25 раз больше воздуха, а теплоемкость воды в 4 раза больше теплоемкости воздуха, водолаз в облегающем гидрокостюме (гидрокombинезоне) теряет большое количество тепла, что особенно актуально для гидрокостюмов «мокрого» типа. Объемный шлем зарубежных и некоторых отечественных образцов водолазного снаряжения защищает голову водолаза от охлаждающего действия воды и механических повреждений.

3.7.2.8. При использовании отечественных гидрокombинезонов, имеющих шлем с открытой лицевой частью и дыхательной полумаской, может наступать баротравма уха.

3.7.2.9. Наличие в некоторых отечественных образцах снаряжения загубников в дыхательных полумасках приводит к необходимости дыхания только ртом. Удержание загубника во рту вызывает усталость жевательных мышц и обильное слюнотечение. Применение загубника снижает разборчивость речи водолаза и затрудняет связь с ним руководителя спуска.

3.7.3. Необходимо учитывать то, что каким бы совершенным ни было математическое обеспечение декомпрессиметров, их применение не исключает возможности появления декомпрессионной болезни, поскольку невозможно учесть все индивидуальные особенности организма, его состояние и функционирование, а также действие всего комплекса внешних факторов, оказывающих влияние на человека до начала погружения, в ходе его проведения и по завершении спуска. Кроме того, в более часто применяемых декомпрессиметрах зарубежного производства заложены алгоритмы иностранных таблиц декомпрессии, хотя известно, что отечественные режимы декомпрессии несколько продолжительнее, но отличаются большей надежностью и безопасностью.

3.8. Технические и физиолого-гигиенические характеристики комплекта № 1

3.8.1. Комплект № 1 представляет собой самый простой вид снаряжения для ныряния и плавания под водой на задержке дыхания, применяемый спортсменами-подводниками, любителями подводного спорта и подводной охоты.

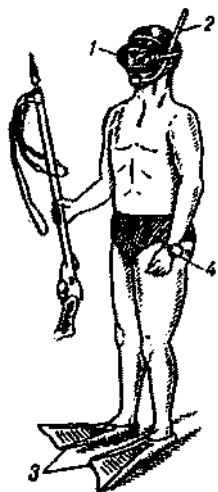


Рис. 104. Комплект № 1:

- 1 - полумаска,
- 2 — дыхательная трубка, 3 - ласты,
- 4 — глубиномер

В комплект № 1 входят маска, дыхательная трубка и ласты. Дополнительно к комплекту могут применяться нож, глубиномер, гидрозащитная одежда или ее элементы, грузы, принадлежности для подводной охоты и т.д. (рис. 104).

Маски подразделяются на 2 вида — собственно маски (правильнее было бы называть их полумасками), изолирующие только глаза и нос, и полнолицевые маски, закрывающие глаза, нос и рот. Маска должна обеспечивать хороший обзор и не давать искажений предметов. Она должна плотно прилегать к лицу, закрывая области глаз и носа, и позволять перекрывать ноздри для выравнивания давления. У нее должен быть эластичный фланец (обтюратор) из материала, не вызывающего «наминов» на лице и аллергической реакции кожных покровов. Стекло маски должно быть безопасного исполнения. Маска должна удобно и надежно крепиться на голове с помощью регулируемого ремня. Подмасочное пространство должно быть по возможности минимальным. Пользователь комплектом № 1 должен научиться ликвидировать запотевание стекла маски небольшим количеством воды под ней путем покачивания головы.

Дыхательная трубка должна обеспечивать легкое дыхание при плавании на поверхности, без подъема головы. Имеются 3 разновидности дыхательных трубок: стандартная, с клапаном для удаления воды и с клапаном, предотвращающим попадание в трубку воды. Загубник трубки должен быть мягким и удобно размещаться в ротовом отверстии. Трубка не должна иметь большую длину, поскольку это увеличивает вредное дыхательное пространство. Оптимальная длина трубки составляет около 350–400 мм (не более 420 мм) при внутреннем диаметре 18–20 мм, что увеличивает мертвое пространство на 110–125 см³. Трубка должна иметь закругленные изгибы. Пользователь комплектом № 1 должен отработать продувание дыхательной трубки (особенно стандартной) сразу после всплытия на поверхность.

Ласты должны удобно размещаться на стопах, соответствовать антропометрическим показателям и физической подготовке пользователя, назначению (спорт, охота, развлечения) и виду водоема. Ласты бывают с регулируемыми ремнями и с полостью для стопы с охватом пят-

ки. Для свободного ныряния чаще используются ласты второго типа. Неудобные, неправильно подобранные ласты могут вызвать быстрое переутомление, судороги икроножных мышц, потертости и нарушения со стороны связочного аппарата голеностопных суставов.

3.8.2. Несмотря на простоту устройства комплекта № 1, при пользовании им возможно появление ряда специфических и неспецифических заболеваний водолазов.

3.8.3. Главную опасность представляет кислородное голодание, особенно после интенсивной гипервентиляции перед нырянием, которая приводит к гипоксии и снижению естественного стимула необходимости сделать вдох, а также при интенсивных движениях во время ныряния и плавания, которые приводят к высокому потреблению кислорода. При этом парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе и его напряжение в крови и тканях может достигнуть опасной величины. Волевое усилие ныряльщика, направленное на преодоление желания сделать вдох, может привести к внезапной потере сознания от кислородного голодания (чаще при всплытии на поверхность, сопровождающемся снижением парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе и его напряжения в тканях), что с большой степенью вероятности может закончиться утоплением и летальным исходом. Расчет максимально допустимого времени ныряния на задержке дыхания с использованием комплекта № 1 приведен в п. 3.8 приложения 2.

3.8.4. Появление острого кислородного голодания возможно также при интенсивном плавании на поверхности в комплекте № 1 вследствие непроизвольной гипервентиляции (одышки) из-за повышенного сопротивления дыханию на вдохе и на выдохе. В результате гипервентиляции снижается парциальное давление CO_2 в альвеолярном воздухе и его напряжение в крови до величин, вызывающих непроизвольное апноэ (временную остановку дыхания). Если при отсутствии дыхания напряжение O_2 в крови снизится до 38–42 мм рт.ст. (что соответствует 5–7 % в воздухе), то наступает потеря сознания, а затем, как правило, утопление. Для исключения подобных несчастных случаев при возникновении одышки или головокружения пловец в комплекте № 1 должен прекратить движения, повернуться на спину, выбросить загубник изо рта, сделать задержку дыхания на 20–30 с, произвести выдох, затем сделать глубокий вдох, после чего можно продолжить плавание с использованием дыхательной трубки.

3.8.5. Имеется также опасность баротравмы уха, возможность которой повышается вследствие трудности выравнивания давления в воздухоносных полостях во время ныряния, а также в связи с тем, что наличие большого количества разнообразных раздражителей при нырянии может замаскировать появление болевых ощущений в полости среднего уха и придаточных полостях носа.

3.8.6. Часто, особенно у неопытных ныряльщиков, возникает местный обжим под маской, приводящий к приливу крови к глазам, местному расстройству кровообращения, появлению болевых ощущений и «наминов» на лице от надавливания маской. Для предупреждения об-

жима пользователь комплектом № 1 должен отработать периодический выдох носом под маску некоторого количества воздуха для компенсации разности давления в маске по сравнению с возрастающим давлением воды при нырянии. Для предупреждения отставания маски от лица при всплытии и попадания под маску и в носовые ходы воды целесообразно через нос вдыхать избыток воздуха.

3.8.7. При использовании трубок с клапаном, предотвращающим поступление внутрь трубки воды при нырянии, имеется опасность возникновения баротравмы легких в случае заклинивании клапана, когда пловец на поверхности воды пытается сделать вдох через перекрытую трубку.

3.8.9. При нырянии и плавании даже в достаточно теплой воде без гидрозащитной одежды возможно переохлаждение. Опасность его увеличивается при перегревании на солнце перед спуском или после употребления спиртных напитков. Холодовой шок может закончиться потерей сознания с трагическим исходом.

3.8.10. При нырянии на большие глубины (больше 20—30 м) возможно появление обжата грудной клетки вследствие уменьшения объема газа в легких менее остаточного объема и присасывающего эффекта грудной полости под действием гидростатического давления, в результате чего происходит переполнение кровью сосудов малого круга кровообращения. В связи с этим ныряние на глубину разрешено только до глубины 15 м.

3.8.11. Ныряльщика в комплекте № 1 подстерегают под водой различные опасности. К ним относятся ядовитые и опасные морские животные, встречи с которыми представляют особенную угрозу для ныряльщиков, не использующих гидрозащитную одежду. Опасно также ныряние в районе постановки подводных сетей или при наличии под водой их обрывков, а также в зоне роста густой подводной растительности (водорослей). Запутывание ныряльщика в сетях или в переплетениях водорослей может закончиться трагически. В этих случаях, как и при встрече с некоторыми подводными обитателями, нож ныряльщику необходим буквально как воздух. Кроме того, опасно заплывание под водой в различные узкие проемы (подводные пещеры или в отверстия между беспорядочно набросанными под водой массивами, которые применяются для защиты от волн молов или береговой черты). Подводный пловец может переоценить свои возможности по задержке дыхания, и они могут оказаться недостаточными для возвращения на поверхность.

3.8.12. Лица, использующие комплект № 1, должны помнить, что большинство патологических состояний под водой и даже на поверхности воды могут закончиться утоплением. Это требует серьезного отношения даже к такому простейшему виду снаряжения, хорошего знания физиологии и патологии водолазных погружений, строжайшего соблюдения всех мер безопасности при нырянии и плавании под водой, а также обеспечения погружений в комплекте № 1 с поверхности.

3.9. Установки для контроля и регулировки дыхательных аппаратов

3.9.1. Ремонтно-контрольная установка РКУ-2 (рис. 105) предназначена для проверки и регулировки дыхательных аппаратов с открытой схемой дыхания.

С помощью установки РКУ-2 можно проверять герметичность аппарата при повышенном и пониженном давлениях, определять потоки воздуха в пределах 0,1—0,7 и 30—100 л/мин, измерять установочное давление редукторов, определять сопротивление дыханию на вдохе и выдохе, проверять герметичность предохранительных клапанов и измерять давление их срабатывания, проверять герметичность клапанов дыхательных автоматов.

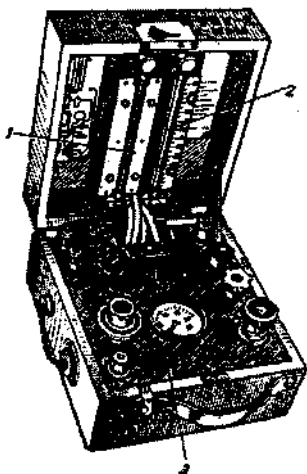


Рис. 105. Ремонтно-контрольная установка РКУ-2:

- 1 — реометр, 2 — мановакууметр,
3 — плата регулирующих устройств

РКУ-2, смонтированная в деревянном ящике, имеет 2 панели, вертикальную и горизонтальную. На вертикальной панели расположены реометр и мановакууметр, на горизонтальной — манометр, 2 штуцера подачи воздуха, 4 штуцера для присоединения проверяемых аппаратов, переключатель дюз, 4 вентиля для переключения на различные режимы работы установки в зависимости от характера проверки и переключатель обратного клапана. Для измерений и проверок дыхательных аппаратов установку РКУ-2 снабжают набором присоединительных трубок (приспособлений), уложенных в отдельный ящик с запасными частями и комплектом инструментов.

Установка работает при подаче сжатого воздуха из баллона, присоединенного к входному штуцеру, от которого он поступает в редуктор. В зависимости

от характера проверки подача воздуха от редуктора производится для создания больших потоков (к штуцеру больших давлений), для создания потоков газа, имитирующих его расход при дыхании (через вентиль к эжектору), или для создания малых потоков газа (через вентиль малых потоков и обратный клапан к штуцеру малых потоков).

Для измерения давлений и разрежений, возникающих при дыхании (сопротивление дыханию), служит мановакууметр, представляющий собой спиртовой чашечный манометр, присоединенный к штуцеру избыточных давлений и к штуцеру разрежений. Реометр, предназначенный для измерения подачи и расхода газа, устроен аналогично мановакууметру и соединен с входным и выходным штуцером установки.

3.9.2. Проверочно-контрольная установка ПКУ-1 (рис. 106) является универсальным прибором, дающим возможность производить проверку

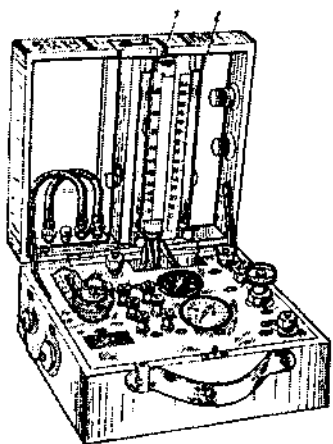


Рис. 106. Проверочно-контрольная установка ПКУ-1:
1 - реометр, 2 — мановакуумметр

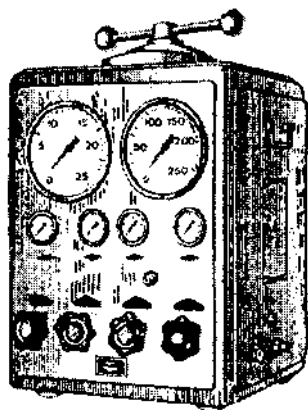


Рис. 107. Камера избыточного давления

основных рабочих параметров водолазных дыхательных аппаратов с полужамкнутой и замкнутой схемами дыхания при нормальном давлении, а в сочетании с камерой КГ — также при избыточном давлении.

С помощью ПКУ-1 можно проверить величину установочного давления редукторов, давление открытия и закрытия их предохранительных клапанов, величину постоянной подачи газа ручным пускателем и редуктором, величину сопротивления дыхательных систем и автоматов, герметичность полостей высокого и низкого давления аппаратов и другие параметры.

На вертикальной панели прибора размещены реометр с 6 шкалами на вращающемся барабане для замера величины расхода газа и мановакуумметр для измерения величин давлений и разрежений в узлах, создающих сопротивление дыханию. На горизонтальной панели размещены редуктор с манометром, блок вентилей, клапаны, штуцеры и соединительные трубопроводы, обеспечивающие регулирование параметров дыхательных автоматов.

3.9.3. Камера избыточного давления по глубинам КГ (рис. 107) значительно расширяет возможности установки ПКУ-1 и совместно с ней обеспечивает измерение рабочих параметров дыхательных аппаратов при любом избыточном давлении, имитирующем глубины от 0 до 160 м. С помощью камеры КГ проверяется герметичность уплотнения редукторов дыхательных аппаратов, величина изменения подачи газов с ростом

глубины, параметры срабатывания клапанов пускателей и переключателей в зависимости от давления окружающей среды и т.д.

3.10. Технические характеристики водолазных барокамер

3.10.1. Водолазная барокамера представляет собой прочную, герметичную емкость, предназначенную для размещения в ней людей под повышенным давлением газовой среды, снабженную средствами регулирования перепада давления между внутренними (обитаемыми) от-

секами и окружающей средой, а также системой жизнеобеспечения и другими системами и устройствами. По назначению барокамеры подразделяются на декомпрессионные (рекомпрессионные), поточно-декомпрессионные, длительного пребывания, транспортировочные (переносные), спасательные, исследовательские и гидробарокамеры.

Барокамеры, применяемые для спусков с использованием сжатого воздуха, предназначены для проведения декомпрессии на поверхности после спусков под воду, лечебной рекомпрессии водолазов в случае возникновения у них декомпрессионной болезни или баротравмы легких, а также тренировочных спусков водолазного состава и медицинского персонала.

Система воздухообеспечения барокамеры должна обеспечивать подачу в нее воздуха для повышения давления со скоростью не менее 2 кгс/см^2 в 1 мин, а также выпуск воздуха из барокамеры для снижения давления в соответствии с режимом декомпрессии, но не менее чем со скоростью 2 кгс/см^2 в 1 мин до давления 2 кгс/см^2 .

3.10.2. На плавсредствах, с которых проводятся водолазные спуски на глубины до 60 м, применяются уменьшенные (РКУМ, РКУМу, РКУМу-376, РКУМу-1415), малые (РКМ, РКМ-Ау, РКМу), большие (БРК) и поточно-декомпрессионные (ПДК-2, ПДК-2у, ПДК-3) отечественные барокамеры, а также различные образцы импортных барокамер.

Каждая барокамера состоит как минимум из двух отсеков (камера и предкамеры или двух одинаковых отсеков). В обоих отсеках обеспечивается раздельное повышение и понижение давлений. Рабочее давление в обоих отсеках составляет 10 кгс/см^2 (100 м вод.ст.). Одноотсечные барокамеры РКУ и РК, не имеющие предкамер, не удовлетворяют современным требованиям, поскольку не позволяют без снижения давления в барокамере зайти в нее водолазному врачу (фельдшеру) для оказания помощи водолазу.

На рис. 108 показано устройство уменьшенной барокамеры типа РКУМ (РКУМу, РКУМу-376, РКУМу-1415).

3.10.3. Основные технические характеристики барокамер представлены в табл. 12.

3.10.4. Камера барокамеры типа РКУМ оборудуется:

- одной койкой с постельными принадлежностями для отдыха водолаза;
- небольшим столиком для приема пищи;
- откидным сиденьем;
- водолазной аптечкой;
- чайником для хранения питьевой воды и кружкой;
- телефонной связью;
- грелкой;
- люком для перехода водолаза или врача (фельдшера) из предкамеры в жилой отсек без изменения в них давления;
- малым шлюзом для передачи медикаментов и пищи, а также вышлюзовывания через него наружу остатков пищи;
- иллюминаторами;
- наружными светильниками.

Таблица 12. Отечественные барокамеры
и их основные технические характеристики

Показатели	Барокамеры				
	РКУМ иРКУМу	РКМ иРКМу	БРК	ПДК-2у	ПДК-3
Число отсеков	1	1	1	2	3
Предкамера	1	1	1	—	—
Рабочее давление, кгс/см ²	10	10	10	10	10
Диаметр внутренний, мм	1000	1200	1600	1600	1600
Длина габаритная, мм	2700	2900	3600	3900	5000
Ширина габаритная, мм	1050	1250	1800	1750	1900
Высота габаритная, мм	1250	1450	1900	1850	1850
Объем отсеков, м ³	1,7	2,49	4,40	3,5+3,5	3,38+2,75 +2,65
Объем предкамеры, м ³	0,4	0,51	2,44	—	—
Диаметр входного люка, мм	600	600	700	700	700
Диаметр шлюза, мм	205	205	257	205	205
Длина шлюза, мм	300	300	320	300	300
Диаметр иллюминатора, мм	105	105	105	105	105
Максимальная вместимость, чел	2	2	7	6+6	6+5+3

Предкамера имеет:

- входной люк для захода водолаза и выхода при нормальном окружающем давлении;
- иллюминатор;
- наружный светильник;
- телефонную связь;
- эмалированное ведро с крышкой для сбора экскрементов.

Барокамера РКУМ оборудована системой воздухообеспечения, системой подачи гелия и приборным щитом с манометрами для определения давления в предкамере и камере. Давление воздуха в подводящей магистрали составляет 30 кгс/см².

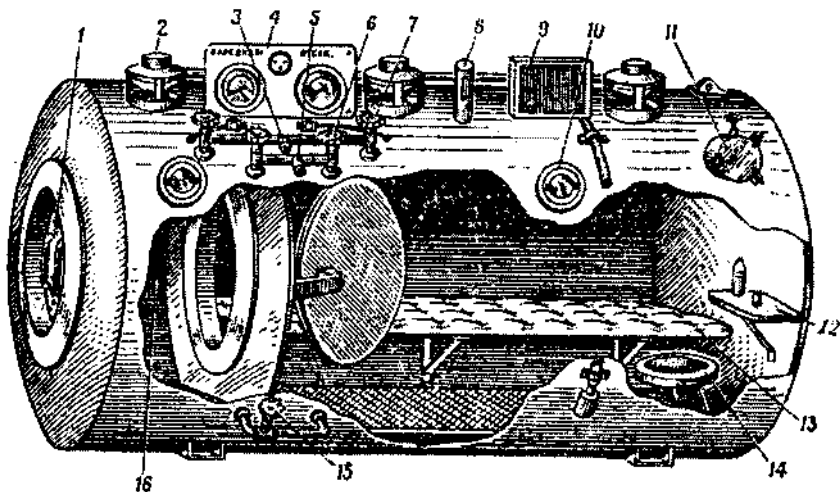


Рис. 108. Барокамера уменьшенная типа РКУМ:

1 — входной люк, 2 — наружный светильник, 3 — штуцер впуска воздуха, 4 — приборный щит, 5 — штуцер выпуска воздуха, 6 — клапан выпуска воздуха, 7 — клапан впуска воздуха, 8 — предохранительный клапан, 9 — телефонная станция, 10 — иллюминатор, 11 — шлюз, 12 — столик, 13 — койка, 14 — сиденье, 15 — клапан пере- пуска воздуха, 16 — предкамера

Система газоснабжения обеспечивает:

- повышение давления воздухом в каждом отсеке со скоростью до 4 кгс/см² в 1 мин;
- снижение давления в каждом отсеке со скоростью не менее 0,3 кгс/см² в 1 мин во всем диапазоне от 10 кгс/см² до 0.
- вентиляцию каждого отсека сжатым воздухом без изменения в них давления;
- выравнивание давления между отсеками при закрытой крышке переходного шлюза между ними.

Гелиевая система РКУМ предназначена для проведения лечебной рекомпрессии при максимальных величинах давления и экспозиции. Она состоит из транспортных 40-литровых баллонов с рабочим давлением 150 кгс/см², редуктора и трубопровода с запорным вентилем. Подача гелия в барокамеру проводится вручную путем открытия запорного вентил, установленного на корпусе барокамеры.

Поддержание безопасной концентрации CO₂ в газовой среде барокамеры РКУМ обеспечивается путем периодической вентиляции отсеков сжатым воздухом.

3.10.5. Малые барокамеры типа РКМ и большие (БРК) отличаются от уменьшенных барокамер главным образом большими массогабаритными характеристиками и внутренними объемами.

3.10.6. Поточно-декомпрессионные камеры имеют 2 или 3 отсека, между которыми расположены переходные люки, кроме того, каждый отсек имеет входной (он же выходной) люк. Это позволяет проводить

поточную декомпрессию водолазов (или пар водолазов), а заход в камеру водолазного врача (фельдшера) возможен после перевода водолазов в отсек с большей величиной давления.

3.10.7. В последние годы отечественные барокамеры обычно дополнительно оборудуются системой полузамкнутой вентиляции СВ-1. Вентиляция производится с учетом количества человек в барокамере. Воздух очищается от CO_2 в кассетах с ХП-И, которые представляют собой инжектор, обеспечивающий усиленную циркуляцию газовой среды в барокамере при малом расходе воздуха (12 л/мин). Автомат сброса давления поддерживает постоянную величину давления в барокамере на каждой остановке декомпрессии.

3.10.8. Зарубежные двухотсечные барокамеры обычно дополнительно оборудованы:

- системой аварийной регенерации, размещенной внутри каждого отсека (для поглощения CO_2);
- системой кондиционирования газовой среды;
- ингаляторами для дыхания кислородом и ДГС;
- системой контроля состава газовой среды на содержание в ней O_2 и CO_2 с помощью стационарных или переносных газоанализаторов;
- экспресс-анализаторами на вредные вещества с индикаторными трубками на CO , углеводороды (C_nH_n), окислы азота, а также на CO_2 ;
- системой водоснабжения;
- фановой системой;
- огнетушителем.

3.10.9. Лицо, осуществляющее медицинское обеспечение, должно знать основные правила безопасного содержания и обслуживания барокамеры, а также проведения на ней профилактических и ремонтных работ:

- все барокамеры должны быть зарегистрированы в установленном порядке в органах технического надзора (см. п. 3.1.10) и пройти необходимые контрольные проверки представителями этих органов в присутствии лиц, ответственных за исправное состояние и безопасную эксплуатацию барокамеры;
- для контроля за состоянием и безопасной эксплуатацией барокамер приказом по предприятию назначаются лица, прошедшие на водолазной квалификационной комиссии (ВКК) проверку знаний по эксплуатации барокамер и техническому надзору и получившие соответствующие удостоверения. Лица, непосредственно обслуживающие барокамеры, также допускаются ВКК;
- запрещается эксплуатация барокамер, не имеющих соответствующих технических документов, не прошедших первоначального технического освидетельствования, не имеющих разрешения на эксплуатацию, с просроченными сроками очередных периодических освидетельствований, а также при отсутствии подготовленного и прошедшего проверку знаний обслуживающего персонала и лица, ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию барокамеры;
- при проведении декомпрессии в барокамере или тренировочного спуска должны соблюдаться меры противопожарной безопасности и

меры по предупреждению специфических и неспецифических заболеваний водолазов, изложенные в п. 7.4.11;

- кислород для дыхания в барокамере с применением медицинских ингаляционных приборов может использоваться при тяжелом состоянии больного только с разрешения водолазного специалиста или водолазного врача (фельдшера) при обязательном присутствии одного из них с больным внутри барокамеры. При этом вентиляция барокамеры должна проводиться с таким расчетом, чтобы содержание кислорода в ней не превышало 25 %. В остальных случаях при необходимости дыхания кислородом в барокамере он должен применяться по замкнутому циклу с использованием регенеративных дыхательных аппаратов или от стационарной дыхательной системы;

- в камерах, имеющих внутреннюю электрическую проводку, электрическое освещение, электрические грелки, индукторные или безбатарейные телефоны, применение кислорода для дыхания запрещается;

- в барокамере не должны находиться предметы, не имеющие отношения к ее использованию по назначению. Запрещается заходить в барокамеру посторонним лицам, использовать кому-либо (включая водолазный состав и медицинский персонал) барокамеру для сна, отдыха или для других целей, не связанных с назначением барокамеры;

- во время ремонта при недостаточности штатного освещения внутри барокамеры могут применяться безопасные источники света, например переносные электролампы напряжением не выше 24 В. Запрещается пользоваться керосиновыми или другими светильниками с открытым огнем, переносными или иными нештатными светильниками. При необходимости работы внутри барокамеры, связанной с ремонтом или устранением дефектов, вся арматура и системы должны быть продуты воздухом, а барокамера тщательно провентилирована.

3.11. Физиолого-гигиенические характеристики водолазных барокамер

3.11.1. Пребывание водолаза в барокамере сопровождается постепенным снижением содержания в газовой среде кислорода, накоплением двуокиси углерода и вредных веществ, повышением относительной влажности и изменениями температурного режима.

3.11.2. Снижение концентрации кислорода в барокамере при декомпрессии после спуска водолаза под воду и при проведении тренировочного спуска не представляет опасности в отношении развития кислородного голодания, хотя может оказать отрицательное влияние на ход декомпрессии. Повышение влажности также не является угрожающим. Основная опасность в условиях барокамеры связана с возможностью накопления в газовой среде углекислого газа вплоть до токсических концентраций. Поддержание безопасной концентрации CO_2 в газовой среде барокамер обеспечивается вентиляцией сжатым воздухом, использованием системы аварийной регенерации с химическим поглотителем ХП-И и обогащением газовой среды кислородом или комбинацией этих способов.

3.11.3. При вентиляции одновременно повышается процентное содержание кислорода в барокамере, снижается относительная влажность и в зависимости от температуры подаваемого воздуха изменяется температурный режим (обычно температура понижается). Расчет вентиляции барокамер проводится с учетом содержания в газовой среде углекислого газа, которое не должно превышать 1 %, приведенного к условиям нормального давления. Накопление CO_2 в барокамере зависит от ее объема и количества находящихся в ней людей. Расчеты по вентиляции барокамер, а также по обогащению газовой среды кислородом барокамер, оборудованных системой очистки, приведены в п. 3.1 приложения 2. Расчеты запасов воздуха для проведения лечебной рекомпрессии в барокамере представлены в п. 3.2 приложения 2.

3.11.4. Температурный режим в барокамере может быть разнообразным. Он зависит от температуры окружающего воздуха, периода спуска в барокамере (компрессия, изопрессия, декомпрессия), скорости изменения давления в барокамере, частоты и продолжительности вентиляций, температуры подаваемого в камеру воздуха, а также от прямого нагрева солнечными лучами поверхности барокамеры при ее нахождении вне помещения.

3.11.5. Барокамеры на судах, береговых базах и в учебных заведениях, как правило, должны устанавливаться в закрытых отапливаемых помещениях. В отдельных случаях допускается установка барокамер на открытых палубах судов или временная (на период выполнения водолазных работ) установка на открытых береговых площадках. Барокамеры, временно размещаемые на открытом воздухе для выполнения сезонных работ в летний период или в климатических районах с соответствующими условиями, должны быть защищены от прямого воздействия солнечной радиации, атмосферных осадков, пыли и т.п. с помощью тентов, систем орошения корпуса камеры и других средств защиты. Барокамеры, размещаемые на открытых площадках (палубах), должны иметь теплоизоляционное покрытие, средства защиты от атмосферных осадков, пыли и т.п.

3.11.6. При повышении давления в барокамере температура воздуха в ней повышается в зависимости от скорости повышения давления. Например, при повышении давления со скоростью 4 кгс/см^2 в 1 мин и температуре окружающего воздуха 20°C к концу повышения давления до 10 кгс/см^2 температура воздуха внутри камеры может повыситься до $45\text{--}50^\circ\text{C}$. После окончания повышения давления температура в барокамере довольно быстро (за 8–10 мин) приходит к исходному уровню или остается выше его на $1\text{--}3^\circ\text{C}$. В солнечную погоду летом при непосредственном нагреве стенок барокамеры солнечными лучами температура воздуха в ней может достигать до $30\text{--}35^\circ\text{C}$ и удерживаться в этих пределах длительное время. При такой температуре, особенно в сочетании с влажностью до 80–100 % у водолаза могут развиваться явления перегревания. Для предупреждения перегревания необходимо устанавливать над барокамерой тенты для защиты от солнечных лучей, орошать водой наружные стенки, чаще вентилировать барокамеру свежим воздухом, обтирать кожу водолаза влажным полотенцем.

При быстром снижении давления во время декомпрессии происходит понижение температуры воздуха внутри барокамеры. При скорости снижения давления 3–4 кгс/см² в 1 мин температура воздуха в барокамере падает на 5–6 °С, после чего постепенно (через 3–5 мин) повышается до исходного уровня. Поскольку в условиях изопрессии температура воздуха в барокамере практически равняется температуре окружающего воздуха, в холодное время года возможно переохлаждение водолаза, находящегося в барокамере. Для предупреждения переохлаждения необходимо использовать средства теплоизоляции наружных поверхностей барокамер, средства обогрева барокамер, теплую одежду и горячее питье для находящихся в барокамере.

3.11.7. Размещение барокамеры должно обеспечивать свободный доступ к наружным поверхностям камеры и контрольно-предохранительным устройствам при монтаже, ремонте и техническом обслуживании. При этом должны предусматриваться:

- площадка перед входным люком барокамеры не менее 600 x 200 мм для удобной транспортировки пострадавшего водолаза в камеру на носилках;
- свободная высота прохода вокруг камеры не менее 1000 мм;
- ширина прохода между тыльными сторонами и стенками (переборками) помещения не менее 800 мм для камер, устанавливаемых на берегу, и не менее 600 мм для камер, устанавливаемых на судах и других транспортных средствах.

Запрещается размещать барокамеры в одном помещении с оборудованием и имуществом, не предназначенном для обслуживания процесса декомпрессии водолазов и производства водолазных спусков.

3.11.8. Габариты отсеков барокамер, применяемых для спусков с использованием для дыхания воздуха, позволяют водолазу находиться в них в положении лежа или сидя. Отсутствие достаточной двигательной активности и продолжительное нахождение в вынужденной позе приводят к нарушению нормального кровообращения подвергшихся сдавлению частей тела, что может способствовать возникновению декомпрессионной болезни. Поэтому в период декомпрессии водолазы должны чаще менять положение тела, а при лежании стараться принимать такое положение, чтобы не было давления на верхние конечности.

3.11.9. При продолжительном пребывании в барокамере во время декомпрессии или лечебной рекомпрессии водолазам через медицинский шлюз или через предкамеру могут быть переданы чай, кофе, соки и другие напитки, а также продукты питания с разрешения лица, осуществляющего медицинское обеспечение. После приема пищи остатки пищи вместе с грязной посудой должны сразу вышлюзовываться из барокамеры.

3.11.10. Отечественные барокамеры не имеют санитарно-фановой системы и системы кондиционирования. Поэтому обитаемость отсеков указанных барокамер не отвечает в полной мере современным санитарно-гигиеническим требованиям, особенно при продолжительном (более одних суток) пребывании в них водолазов и медицинского пер-

сонала в период проведения лечебной рекомпрессии. Для отправления естественных надобностей в камеру передают специальное ведро с крышкой, в котором в небольшом количестве заборной воды растворена навеска марганцевокислого калия KMnO_4 в разведении 1 : 5000 (1 г на 5 л воды). После отправления естественных надобностей ведро передается через предкамеру наружу. Наличие в зарубежных барокамерах санитарно-фановой системы снимает эту проблему, однако требует медицинского контроля чистоты санитарного блока, а также дезинфекции и дезодорации с использованием раствора марганцевокислого калия раковины и унитаза в процессе их использования.

3.12. Технические и физиолого-гигиенические характеристики компрессоров и средств очистки сжатого воздуха

3.12.1. В водолазной практике применяются отечественные и зарубежные компрессоры.

Компрессоры подразделяются:

- по роду сжимаемых газов — на воздушные, кислородные и гелиевые;
- по конечному давлению сжатия газов — на компрессоры низкого давления (до 5 кгс/см², водолазные помпы), среднего давления (до 30 кгс/см²) и высокого давления (до 400 кгс/см²);
- по производительности - на компрессоры малой производительности (до 120 л/мин, приведенных к нормальному давлению), средней (до 1,5 м³/мин) и большой (2-3 м³/мин).

3.12.2. Компрессоры низкого давления (водолазные помпы) применяются для подачи воздуха водолазу, находящемуся под водой.

Компрессоры среднего давления называются водолазными компрессорами. Они применяются для заполнения баллонов системы воздухообеспечения в целях подачи воздуха на дыхание водолазов и создания давления в барокамерах. Зарубежные компрессоры среднего давления могут использоваться для непосредственной подачи воздуха водолазу, спускающемуся в снаряжении с открытой схемой дыхания.

Компрессоры высокого давления используются со следующими целями:

- для заполнения баллонов-хранилищ системы воздухообеспечения, из которых редуцированный воздух поступает на дыхание водолазам или для повышения давления в барокамере;
- для зарядки баллонов дыхательных аппаратов (аквалангов) сжатым воздухом.

3.12.3. Водолазные помпы подразделяются на ручные и с электроприводом.

3.12.3.1. Ручная трехцилиндровая водолазная помпа (рис. 109) применяется главным образом при спусках водолазов в вентилируемом снаряжении на глубины до 12 м. Спаренная трехцилиндровая помпа может обеспечить спуск водолаза на глубину до 20 м.

Производительность помпы за 1 оборот маховика составляет 3 л воздуха при рабочем давлении 4 кгс/см². Главные части помпы: 2 рамы, коленчатый вал, 2 маховика, фундамент, 3 цилиндра, воздухоприемник,

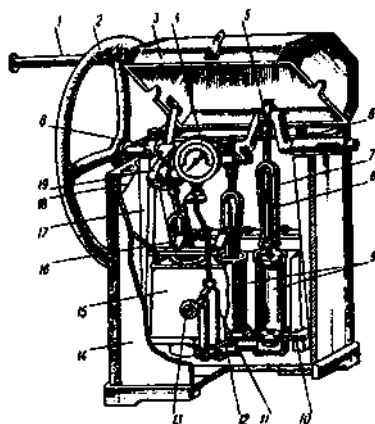


Рис. 109. Трехцилиндровая водолазная помпа:

- 1 - рукоятка, 2 - маховик, 3 - крышка, 4 - манометр, 5 - шатунный подшипник,
- 6 - рамовый подшипник, 7 - шатун, 8 - направляющий шток, 9 - цилиндры,
- 10 - фундамент, 11 - воздухоприемник, 12 - воздушный ход, 13 - штуцер,
- 14 - футляр, 15 - холодильник, 16 - направляющая планка, 17 - рама,
- 18 - воронка, 19 - коленчатый вал

манометр и холодильник. Деревянный футляр помпы защищает ее от повреждений и атмосферных осадков. В поршнях имеются всасывающие клапаны. Для уплотнения поршня в цилиндре поставлена кожаная манжета, прижимаемая к поршню кольцом. Корпус поршня имеет гнездо клапана. Для плотного прилегания клапана к седлу поставлена кожаная прокладка, которая прижимается к тарелке клапана гайкой. Клапан удерживается в закрытом положении пружиной, сила сжатия которой регулируется гайкой с контргайкой. На фундаменте установлены 3 цилиндра с нагнетательными клапанами и воздухоприемник.

При неподвижном состоянии поршня, например в нижнем положении, оба клапана цилиндра находятся в закрытом положении. При вращении коленчатого вала поршни совершают движения вверх и вниз. Направляющие штоки и планки обеспечивают правильное положение поршней в цилиндрах. При движении поршня вверх в цилиндре происходит расширение, вследствие чего всасывающий клапан открывается и цилиндр заполняется атмосферным воздухом. После достижения поршнем верхней мертвой точки расширение в цилиндре прекращается и всасывающий клапан закрывается. Затем поршень опускается и сжимает воздух в цилиндре. В результате давление воздуха в цилиндре превышает силу упругости пружины нагнетательного клапана, который открывается и пропускает воздух в воздушные ходы фундамента и дальше к водолазу.

Между нижним положением поршня и доннышком цилиндра должно быть пространство 1,5—2 мм, называемое мертвым пространством помпы, в котором при каждом движении поршня вниз остается сжатый воздух. Этот зазор необходим для исключения соприкосновения поршня с доннышком цилиндра. При подъеме поршня этот воздух расширяется и

занимает часть объема цилиндра, уменьшая объем новой порции воздуха, поступающей в цилиндр через всасывающий клапан. Чем больше мертвое пространство, тем меньше сжатого воздуха подается водолазу. Если мертвое пространство будет слишком велико, то помпа будет работать вхолостую.

Производительность помпы при 16 оборотах коленчатого вала в минуту составляет около 45 л/мин свободного воздуха, при 25 оборотах — 70 л/мин, при 35 оборотах - 95 л/мин и при 45 оборотах - 120 л/мин.

При движении поршня вверх на вращение коленчатого вала затрачивается небольшое усилие, а при движении вниз и сжатии воздуха в цилиндре на вращение коленчатого вала требуется затратить большое усилие. Для облегчения работы на помпе мотыли коленчатого вала расположены не в одной плоскости, а под углом 120°. Когда один цилиндр находится в верхнем положении, другой движется вверх и всасывает воздух в цилиндр, а третий, двигаясь вниз, сжимает его. Этим достигается не только равномерная нагрузка на вал помпы, но и равномерная подача воздуха водолазу. Воздух в цилиндрах сжимается до давления, немного превышающего давление воздуха в скафандре. Поэтому давление воздуха в помпе примерно соответствует давлению на глубине погружения водолаза.

Иногда требуется подавать воздух от помпы одновременно двум водолазам или одному водолазу от двух помп. Тогда применяется соединительный тройник с резьбой на концах штуцеров для присоединения шлангов и с пробковыми кранами для перекрывания подачи воздуха.

3.12.3.2. Трехцилиндровая водолазная помпа с электроприводом (ВЗПЭ) имеет вместо маховика на одном конце коленчатого вала электропривод, состоящий из электродвигателя и редуктора, уменьшающего число оборотов двигателя. Помпа обеспечивает подачу водолазу сжатого воздуха 120 л/мин на глубину до 20 м. Помпа удобна тем, что не требует работы качалычиков, однако она может применяться только при наличии источника переменного тока. Помпа работает от переменного тока напряжением 220—380 В от электродвигателя переменного тока АОЛ2-21-4С с редуктором для передачи движения от вала двигателя на помпу.

3.12.3.3. Облегченная водолазная помпа ОВП (рис. 110) является двухцилиндровой помпой, обеспечивающей подачу воздуха водолазу на глубину до 10-15 м.

Помпа представляет собой воздушный насос простого действия с горизонтально расположенными на основании цилиндрами, закрытыми снаружи крышками. На каждой крышке установлены всасывающие и нагнетательные клапаны. Оба цилиндра имеют один общий шток, на концы которого надеты поршни с кожаными манжетами. В средней части штока имеется паз, в который входит конец рычага помпы. При качании рычага съемными рукоятками шток поршня совершает челночные движения, в цилиндрах происходит всасывание и сжатие воздуха, который перепускается в ресивер и затем идет к водолазу. На ресивере установлен манометр, показывающий давление воздуха, подаваемого водолазу. Производительность за 1 период качания составляет 1,7-1,8 л при рабочем давлении 5 кгс/см².

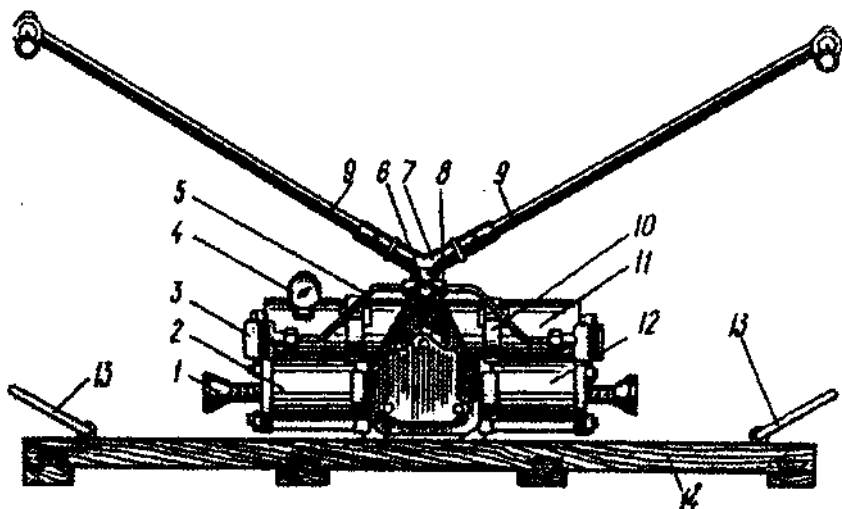


Рис. 110. Облегченная водолазная помпа ОВП:

- 1 - всасывающий клапан, 2 - цилиндр, 3 - нагнетательный клапан, 4 - манометр, 5 - воздухопровод, 6 - палец, 7 - рычаг, 8 - корпус помпы, 9 - съемная рукоятка, 10 - бугель, 11 - ресивер, 12 - стяжные шпильки, 13 - ручки для переноски помпы, 14 - основание

Помпа приводится в действие рукоятками, надетыми на развилку рычага, перемещающего шток то в одну, то в другую сторону. При этом в одном цилиндре происходит сжатие воздуха, который через нагнетательный клапан по воздухопроводу подается в ресивер. В противоположном цилиндре в это время происходит разрежение, в результате чего открывается всасывающий клапан и в цилиндр начинает поступать атмосферный воздух. При движении воздуха в обратном направлении в цилиндрах происходят обратные процессы.

3.12.4. В водолазных компрессорах среднего давления в качестве приводов могут использоваться двигатели внутреннего сгорания и электромоторы постоянного или переменного тока. Большое распространение получили воздушные компрессоры типа ВК-25 (ВК-25Д1 - дизельный, ВК-25ЭМ — с электромотором переменного тока и ВК-25Э1 — с электромотором постоянного тока). С 1988 года вместо этих компрессоров выпускаются компрессоры МТВ44-В64А.

Мембранные компрессоры типа 1,6 МК (20/12,5 - двухблочный, 10/12,5 - одноблочный) применяются для сжатия воздуха, азота и геля. Они не загрязняют газ в процессе его сжатия вредными веществами от смазочного масла.

Водолазному врачу (фельдшеру) для проведения расчетов по запасам и потреблению воздуха при водолазных спусках необходимо знать рабочее давление водолазных компрессоров и их производительность при рабочем давлении. Эти данные представлены в табл. 13.

Таблица 13. Рабочее давление и производительность отечественных водолазных компрессоров среднего давления

Тип компрессора	Рабочее давление, кгс/см ²	Производительность (л/мин) при рабочем давлении
ВК-25Д1	25	40
ВК-25Э1	25	50
МТВ44-В64А	25	70
1,6М -20/12,5	12,5	30
1,6М -10/12,5	12,5	15

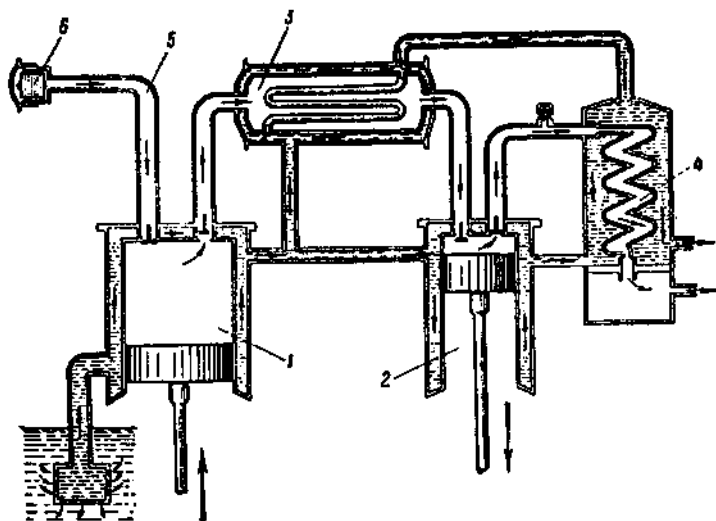


Рис 111. Схема подачи воздуха водолажным компрессором типа ВК-25:
 1 — цилиндр первой ступени сжатия, 2 — цилиндр второй ступени сжатия,
 3 — холодильник воздуха первой ступени, 4 — холодильник воздуха второй ступени,
 5 - всасывающая труба, 6 - воздушный фильтр

На рис. 111 представлена схема подачи воздуха двухступенчатым водолажным компрессором типа ВК-25.

При работе компрессора воздух засасывается из атмосферы через противопылевой фильтр и поступает через всасывающие клапаны в цилиндр 1-й ступени сжатия. Здесь он сжимается до давления 4 кгс/см² и через нагнетательные клапаны направляется в холодильник 1-й ступени. После охлаждения воздух через клапаны засасывается в цилиндр 2-й ступени сжатия, вторично сжимается до давления 25 кгс/см² и через клапаны и холодильник 2-й ступени нагнетается во влагомаслоотделитель. Отсюда он поступает в баллоны, рассчитанные на рабочее давление 25 кгс/см², из которых он подается на водолазный щит или щит барокамеры.

3.12.5. Компрессоры высокого давления подразделяются на стационарные, переносные и передвижные. Кроме того, отдельно выделяют кислородные дожимающие компрессоры.

Рабочее давление компрессоров высокого давления и их производительность при рабочем давлении представлены в табл. 14.

Таблица 14. Рабочее давление и производительность отечественных компрессоров высокого давления

Тип компрессора	Рабочее давление, кгс/см ²	Производительность (л/мин) при рабочем давлении
ЭК-7,5	400/200	13
ЭК-10	400	10
ЭК-15	200	15
ДК-2	200	8
ДК-03	230	10
ДК-10	400/200	15
402ВП-4/220	220	21,3
302ВП-4/150	150	31,2
1,6 МК-12/84	64	4
1,6МК-8/200	200	0,9
1,6МК-16/12,5-200	200	2
4МК-20/200М	200	1,2
ДК2-150/1	200	1,3
ДК16/200	200	1,3
ЭК2-150Д	150	1
КР-2	150	2
“Старт-1М”	200	0,2
“Старт-2М”	200	0,2
К2-150	150	1,8
КД-3М	220	1,5*
КД-200	220	1,6*
КД-4-250	270	1,56*
КН-4	200	1,48*
КН-4П	200	1,49*
КН-Р	200	0,45*

* Производительность при давлении всасывания до 70 кгс/см².

К стационарным относятся компрессоры типа ЭК (ЭК-7,5, ЭК-10 и ЭК-15) — это стационарные агрегаты с приводом от электродвигателей. Могут использоваться также стационарные свободнопоршневые дизель-компрессоры типа ДК (ДК-2, ДК-3 и ДК-10). Применяются и другие типы компрессоров. Стационарные компрессоры имеют водяное охлаждение. Уплотнительные кольца компрессоров типа ВГТ выполнены из графитопласта.

К передвижным компрессорам относятся компрессоры типа ДКЗ-150Л, ЭК-2-150/1, ЭК-2-150Д, КР-2, ГК-225, СО-7А, а также ДКР-16/20, который заменил компрессор ДК-200. Гелиевый компрессор ГК-225 рассчитан на наполнение малолитражных и транспортных баллонов гелием, остальные — на сжатие воздуха.

К переносным малогабаритным компрессорам относятся компрессоры типа «Старт» («Старт-1М» — с бензиновым мотором, «Старт-2М» — с электромотором) и бензиновый компрессор К2-150, предназначенные для заполнения воздухом баллонов аквалангов.

Стационарные электрокомпрессоры ЭК-7,5 и ЭК-10 являются трехступенчатыми компрессорами. Они имеют один дифференциальный двухсторонний поршень, который приводится в движение с помощью коленчатого вала и соединенного с ним кривошипа. При работе компрессора атмосферный воздух проходит последовательно три ступени сжатия и после каждой ступени сжатия проходит через соответствующий холодильник. Из третьей ступени сжатия воздух, пройдя через холодильник 3-й ступени и влагоотделитель, через фильтр поступает в баллоны-хранилища сжатого воздуха.

Свободнопоршневые компрессоры типа ДК-2 и ДК-10 также являются стационарными. Они не имеют коленчатого вала и состоят из двухцилиндрового двухтактного дизеля и четырехступенчатого компрессора, смонтированного в одном корпусе.

В камере сгорания дизеля в противоположных направлениях движутся поршни. Первый поршень дизеля жестко соединен с поршнями 1-й и 4-й ступеней сжатия компрессора, второй — с поршнями 2-й и 3-й ступеней сжатия. При работе дизеля одновременно с его поршнями движутся и поршни компрессора, последовательно сжимающие воздух в 1-й, 2-й, 3-й и 4-й ступенях сжатия. Сжатый воздух после каждой ступени сжатия охлаждается в холодильнике. Конечное давление воздуха после 4-й ступени сжатия может быть отрегулировано до 150 или 200 кгс/см². При этом производительность компрессора при рабочем давлении 150 кгс/см² составляет 12 л/мин, а при 200 кгс/см² — 9 л/мин.

Переносные малогабаритные компрессоры «Старт-1М» (рис. 112), «Старт-2М» и К2-150 обычно применяются для зарядки баллонов дыхательных аппаратов с открытой схемой дыхания. Они компактны, имеют относительно малую массу (71,5; 47,5 и 85 кг соответственно), просты и надежны в эксплуатации.

Кислородные дожимающие компрессоры типа КД (КД-3М, КД-4М, КД-5, КД-200, КД-250, КД-4-250) и КН (КН-4, КН4П, КН-Р) предназначены для наполнения кислородом или кислородно-азотно-гелиевой смесью малолитражных баллонов аппаратов с замкнутой или по-

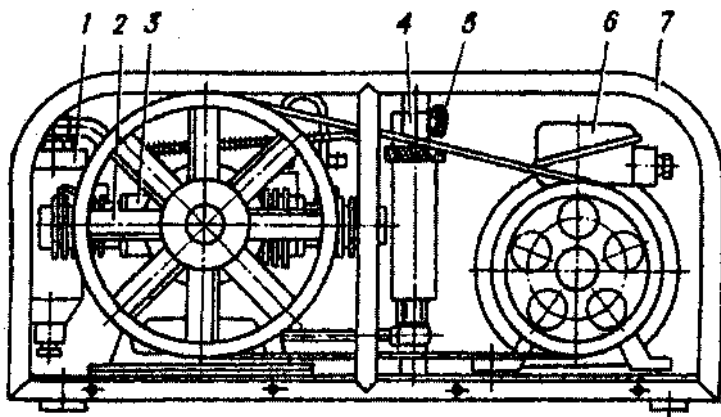


Рис. 112. Электрокомпрессор «Старт-1М»:

1 - влагомаслоотделитель, 2 - вентилятор, 3 - компрессор, 4 - фильтр конечной очистки, 5 - штуцер подсоединения воздушного шланга, 6 - электродвигатель, 7 — рама

лузамкнутой схемой дыхания до давления $150\text{--}200 \text{ кгс/см}^2$ путем перепуска и последующего перекачивания кислорода или смеси из транспортных баллонов, а также для наполнения кислородом транспортных гелиевых баллонов при приготовлении смесей, применяемых для глубоководных погружений. Кислородные компрессоры должны смазываться только водно-глицериновой смесью (50 % дистиллированной воды и 50 % химически чистого глицерина).

Дожимающие компрессоры могут применяться для зарядки баллонов дыхательных аппаратов сжатым воздухом из транспортных баллонов. Компрессоры КН-4 (рис. ИЗ) и КН-4П являются одноступенчатыми двухцилиндровыми простого действия со степенью сжатия, равной 2, что позволяет давление в заряжаемых баллонах повышать в 2 раза по сравнению с давлением перекачиваемого воздуха в баллоне. Дожимающий компрессор КД-4-250 существенно не отличается от компрессоров типа КН, но является более мощным и современным. Степень сжатия перекачиваемого им воздуха составляет 4. Дожимающие компрессоры используются для зарядки малолитражных баллонов дыхательных аппаратов воздухом из транспортных баллонов.

Ручной портативный дожимающий компрессор ВКП-300 (рис. 114) предназначен для наполнения малолитражных баллонов воздухом или другими дыхательными смесями из транспортных баллонов в необорудованных местах при отсутствии источников энергии. Время перевода компрессора в рабочее состояние не превышает 2 мин, а время наполнения 2-литрового баллона от $100 \text{ до } 300 \text{ кгс/см}^2$ - 5 мин. Масса компрессора не более 15 кг, степень сжатия не менее 5, рабочее усилие на рукоятке плавно возрастает с 1 до 20 кгс.

3.12.6. Помимо отечественных компрессоров в нашей стране получили распространение компрессоры ряда стран. Одним из основных по-

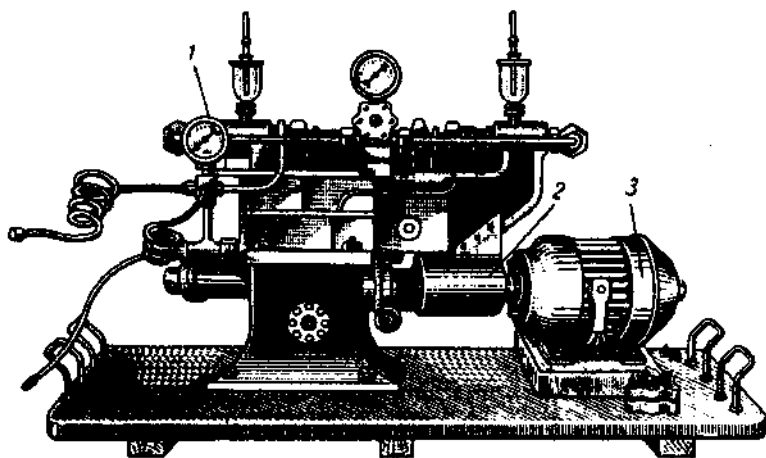


Рис. 113. Кислородный компрессор с электроприводом КН-4:
1 — компрессор, 2 — редуктор, 3 — электродвигатель

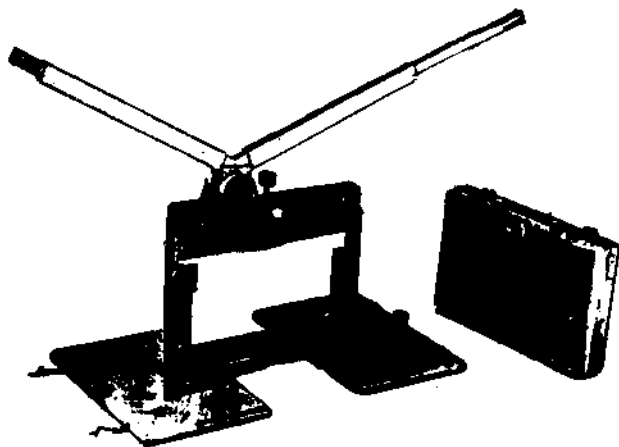


Рис. 114. Ручной портативный дожимающий компрессор ВКП-300

ставщиков компрессоров является германская фирма BAUER, которая выпускает серию портативных компрессоров для подачи воздуха водолазу под водой производительностью от 80 до 190 л/мин, стационарные компрессоры на конечное давление 225 или 330 кгс/см² производительностью от 190 до 1480 л/мин, передвижные компрессорные станции на давление 225 или 330 кгс/см² производительностью от 100 до 600 л/мин, переносные компрессоры на давление 225 или 330 кгс/см² производительностью от 80 до 1480 л/мин. Фирма DIVEX выпускает портативные компрессоры для подачи воздуха водолазу под водой производительностью от 198 до 680 л/мин и создаваемым давлением 10 и 12 кгс/см². Фир-

ма L&W выпускает несколько марок стационарных компрессоров на рабочее давление 225/330 кгс/см² производительностью 450 л/мин.

3.12.7. Для обеспечения сжатым воздухом водолазов при использовании импортного снаряжения «SUPERLITE-17» и барокамеры используется импортный электрокомпрессор марки В-4275 производительностью 82 м³/ч. Рабочее давление воздуха 200 кгс/см². Принципиальная схема действия компрессора такая же, как и отечественных компрессоров.

3.12.8. В силу конструктивных особенностей компрессоров немембранного типа и их приводов может происходить загрязнение сжатого воздуха вредными веществами. Загрязнение происходит в цилиндрах компрессора при разложении в них смазочных масел в условиях высокой температуры при сжатии воздуха поршнем. Двигатели внутреннего сгорания, осуществляющие привод компрессоров, также являются постоянными источниками загрязнения сжатого воздуха продуктами сгорания топлива и смазочных материалов (окись углерода, окислы азота, углеводороды, пары масла и др.). Особенно большое загрязнение сжатого воздуха происходит при неправильной эксплуатации и при неисправности двигателей внутреннего сгорания и самих компрессоров. Загрязнение сжатого воздуха может происходить также при попадании во всасывающий патрубок компрессора выхлопных газов от двигателя внутреннего сгорания компрессора, от других моторов, дыма из дымовых труб и т.п.

3.12.9. Очистка сжатого воздуха, подаваемого компрессорами, осуществляется специальными воздушными фильтрами, блоками очистки и осушки. Фильтры по величине рабочего давления подразделяются на:

- фильтры высокого давления (30 кгс/см² и более) - ФВД-150у и ФВД-200у, блок БСК-200, портативный блок очистки ПВО-200;
- фильтры среднего (до 30 кгс/см²) давления - ФСВ-58, ФСД-25;
- фильтры низкого (до 6,3 кгс/см²) давления - ФВС-55.

Кроме того, фильтры различаются количеством и номенклатурой сорбирующих веществ. На всасывающем трубопроводе компрессора устанавливается фильтр для очистки воздуха от пыли и атмосферных осадков, а на нагнетательном трубопроводе — фильтр для очистки воздуха от паров масла и вредных веществ (ВВ).

Основные технические характеристики фильтров и блоков очистки воздуха высокого давления от ВВ и паров масла представлены в табл. 15.

3.12.10. Фильтры высокого давления ФВД-150у и ФВД-200у (рис. 115) предназначены для очистки от вредных веществ (углекислого газа, окиси углерода, паров масел, углеводородов, окислов азота, влаги и аэрозолей) в сжатом воздухе. Они устанавливаются в системах газоснабжения водолазных судов, катеров, береговых водолазных комплексов и передвижных рекомпрессионных станций. Фильтры имеют корпус из 40-литрового транспортного баллона (без сферического дна), рассчитанного на рабочее давление 150 или 200 кгс/см². Корпус фильтра закрывается металлической крышкой, на которой установлены выпускной вентиль, служащий также для контроля фильтрующих веществ, и манометр. В нижней части корпуса имеется вентиль впуска воздуха и

Таблица 15. Фильтры и блоки очистки воздуха

Показатели	ФВД-200У (ФВД-150У)	ВСК-200	ПБО-200
Рабочее давление, кгс/см ²	200 (150)	200	200
Пропускная способность, м ³ /ч	100	40-60	30
Ресурс защитной мощности, м ³ : химпоглотителя ХПИ	3000	160	300
кассеты	5000	(по виду кассеты)	—
Количество шихты на зарядку, кг:			
химпоглотителя ХПИ	5,3	—	1,4
гопкалита	—	—	1,8
силикагеля	1,8	—	—
Марка и количество кассет на одну зарядку, шт.			
К-СВ	—	1	—
К-С	—	2	—
К-КВ	—	1	—
К-И	—	2	—
К-КП	1	1	—
К-К	—	2	—

контрольные клапаны, с помощью которых производится продувка фильтра и контроль состояния фильтрующих веществ. Внутри корпуса фильтра ФВД-150у (-200у) нижняя его часть заполняется алюминиевыми кольцами, сизальским тросом и силикагелем. Верхняя часть заполняется кассетой К-КП для поглощения окиси углерода, силикагелем, активированным углем, сизальским тросом, химическим поглотителем ХП-И, фильтровальным картоном и гигроскопической ватой. Фактическая защитная мощность фильтра зависит от загрязненности фильтруемого воздуха.

По мере работы фильтра пары влаги и масла начинают проникать из нижней части в верхнюю, и отстой скапливается в разделительной чашке (воронке) кассеты, которая соединяется трубкой с вентилем. Появление отстоя из верхнего контрольного вентиля свидетельствует о необходимости перезарядки фильтра. Перед каждым использованием фильтра, а при непрерывной работе не реже чем через каждые 4 ч необходимо продувать нижнюю ее часть для спуска отстоя. Для этого при закрытом выпускном вентиле открывают вентиль нижней части фильтра и подают в него воздух под небольшим давлением. Такая же процедура проводится и для продувания верхней части кассеты. Появление следов масла указывает на необходимость перезарядки кассеты.

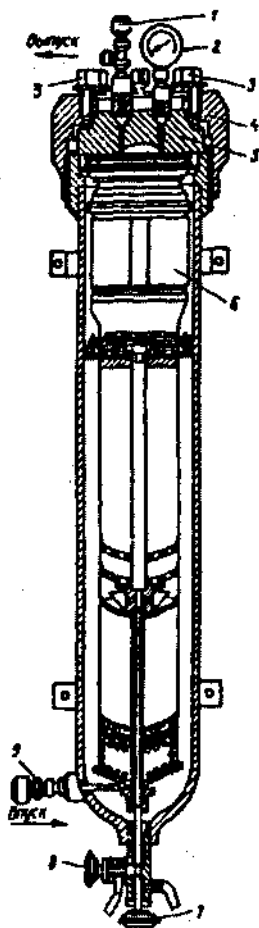


Рис. 115. Фильтр воздуха высокого давления ФВД-200у:

- 1 — выпускной вентиль,
- 2 — манометр, 3 — нажимные болты, 4 — нажимная гайка,
- 5 — крышка, 6 — кассета К-КП,
- 7, 8 — контрольные клапаны,
- 9 — вентиль выпуска воздуха

мый продукт CaCO_3 . Недостатком ХП-И является то, что в результате химической реакции образуется влага, увеличивающая влажность воздуха в газовой среде. Поступает в металлических барабанах. Крышки отверстий барабанов закрыты и проклеены изоляционной лентой. На верхнем днище барабана светлой несмываемой краской обозначены

3.12.11. Блок очистки БСК-200 (рис. 116) предназначен для очистки воздуха и газовых смесей от вредных веществ (аммиака, углекислого газа, окиси углерода, углеводов и сероводорода).

Блок состоит из трех последовательно соединенных фильтров Ф-3С, Ф-2ИК и Ф-2КП, снаряженных соответствующими секциями с кассетами. Корпуса фильтров одинаковы и конструктивно не отличаются от фильтра ФВД-200у. Очищаемый воздух (или ДГС) подводится в нижней части каждого баллона и отводится от верхней части через клапан выпуска.

3.12.12. Портативный блок очистки ПБО-200 (рис. 117) предназначен для очистки от углекислого газа, окиси углерода, углеводов и окислов азота сжатого воздуха, подаваемого от компрессоров при зарядке баллонов дыхательных аппаратов снаряжения с открытой схемой дыхания. В составе фильтра находятся кассета фильтра, заполненная химическим поглотителем известковым (ХП-И) и гопкалитом, воздухоподогреватель и панель с контрольно-измерительными приборами. Воздухоподогреватель предназначен для подогрева воздуха, поступающего в гопкалит, до $100-120^\circ\text{C}$. Он состоит из змеевика и двух трубчатых электроподогревательных элементов. Все узлы закреплены на общем каркасе в металлическом корпусе, передняя и задняя крышки которого для удобства обслуживания выполнены откидными.

3.12.13. Общими для всех фильтров являются компоненты заряжаемой в них шихты.

Химический поглотитель известковый (ХП-И) — зернистый продукт белого или светло-серого цвета с диаметром зерен от 1 до 6,5 мм, предназначен для удаления углекислого газа и частично окислов азота. Содержит 95 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 5 % асбеста. При взаимодействии с CO_2 образует нераствори-

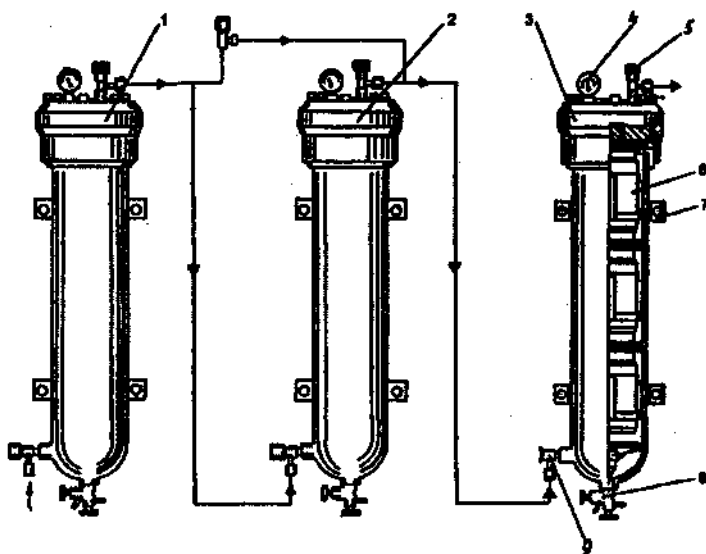


Рис. 116. Блок очистки БСК-200:

1 - фильтр Ф-3С, 2 - фильтр Ф-2ИК, 3 - фильтр Ф-2КП, 4 - манометр, 5 - выпускной вентиль, 6 - кассета, 7 - крепежные планки, 8 - контрольные клапаны, 9 - выпускной вентиль

наименование завода-поставщика, название вещества (ХП-И), номер партии и номер барабана, масса брутто и нетто, дата изготовления и ГОСТ 6755-63. Барабаны с ХП-И должны храниться в закрытых сухих помещениях.

Гарантийный срок хранения ХП-И по ГОСТ — один год при условии соблюдения правил хранения и недопущения повреждений барабанов. Практически ХП-И не теряет своих основных физических и химических свойств при хранении до 5 лет. При длительном или неудовлетворительном хранении ХП-И насыщенность его углекислым газом увеличивается, прочность зерен несколько уменьшается, что приводит к образованию пыли и крошек.

Древесный активированный уголь марок АГ-2 или БАУ — сорбент (поглотитель), обладающий высокоразвитой поверхностью. Поверхность пор 1 г активированного угля составляет 400—900 м². Суммарный объем пор — не менее 1,7 см³/г, а насыпная

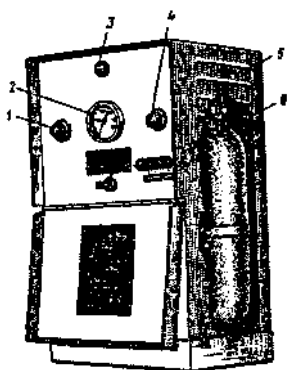


Рис. 117. Портативный блок очистки ПБО-200:

1 — впускной вентиль, 2 — манометр, 3 — контрольная лампочка, 4 — выпускной вентиль, 5 — металлический корпус, 6 — клеммы электрического воздухоподогревателя

плотность — не более 240 г/дм³. Удаляет органические загрязнители, но не удаляет ионы (например, тяжелых металлов). Готовится из органического сырья (в частности, из скорлупы миндального ореха) без доступа воздуха с дальнейшей обработкой водяным паром или углекислым газом при температуре 800—900 °С. Представляет собой мелкозернистый порошок из кусочков или гранул, обладающий большой адсорбционной способностью и служащий также носителем катализатора.

Купромит готовится путем пропитки активированного угля сернистой медью (CuSO₄) с последующей сушкой. Содержание CuSO₄ составляет не менее 7 %. Купромит является специфическим поглотителем аммиака и аминов, с которыми CuSO₄ образует комплексные соединения, а также поглотителем сероводорода.

Цеолиты («молекулярные сита») — полигидраты алюмосиликатов кальция, натрия и других металлов. Особенностью цеолитов, обеспечивающих их молекулярноситовое действие, является их кристаллическая структура, образованная тетраэдрическими фрагментами SiO₄ и AlO₄, объединенными общими вершинами в трехмерный каркас (т.е. скелет из кристаллической решетки, составленной из тетраэдров), пронизанный большими полостями, которые сообщаются между собой так называемыми окнами (или каналами), размеры которых сравнимы с размерами молекул (у шабазита, например, диаметр полостей 11,4 Å, диаметр окон — 4,7 Å). В последних находятся молекулы воды и катионы металлов, аммония и др. Адсорбироваться могут лишь те молекулы, критический диаметр которых сравним с диаметром их окна или меньше его. Цеолиты обладают огромной поверхностью — 750—800 м²/г, что обуславливает их высокие адсорбционные свойства. Бывают природные (по происхождению главным образом низкотемпературные гидротермальные минералы) и синтетические. Способны выборочно выделять и вновь впитывать различные вещества, например воду, а также обменивать катионы. Имеют значительную емкость по CO₂, CO, NH₃ и некоторым другим газообразным веществам, а также возможность многократной регенерации. Наибольшее практическое применение получили цеолиты типа NaA, CaA, NaX, CaX (первая часть обозначения цеолита указывает на преобладающий в нем металл, вторая — на тип их решетки — A, X, Y и т.д.).

Силикагель марки КСМ — гранулированный прокаленный гель двуокиси кремния SiO₂. Он нерастворим, не набухает в воде, обладает чрезвычайно пористой структурой, улавливает остатки масел и паров воды после прохождения через влагомаслоотделитель компрессора. Перед засыпкой в кассету фильтра силикагель просушивают при температуре 130 °С до получения плотности не более 0,8 г/см³.

Активный глинозем применяется наряду с силикагелем в качестве сорбента для осушки кислорода от влаги при наполнении от транспортных баллонов малолитражных баллонов аппаратов с замкнутой схемой дыхания.

Гопкалит - зернистый катализатор черно-коричневого цвета - применяют для окисления кислородом воздуха окиси углерода в углекислый газ. Его состав: MnO₂ - 50 %, SiO₂ - 30 %, Si₂O₃ - 15 % и Ag₂O - 5 %. При окислении СО в СО₂ выделяется много теплоты — 284 МДж.

Гопкалит перестает действовать при соединении с влагой воздуха, поэтому после пропускания через него 5000 м³ влажного воздуха требуется перезарядка гопкалита. В связи с имевшимися случаями взрывов при использовании гопкалита в современных фильтрах для очистки воздуха от СО вместо него применяется катализатор АК-62 или купромит в сочетании с воздухоподогревателем.

Катализатор АК-62, применяемый для окисления СО в СО₂, не должен контактировать с газовой средой, содержащей сероводород, капельную влагу, пары спирта, бензина, аммиака и других углеводородов, поскольку контакт с ними приводит к полному или частичному отравлению катализатора.

3.12.14. Для очистки сжатого воздуха в комплект электрокомпрессора BS 4275 входит воздухоочистительная система «Бристол». Фильтрующим материалом указанной воздухоочистительной системы служит активированный уголь, молекулярное сито, цветной индикатор и силикагель. Система обеспечивает очистку воздуха от СО — до 0,34 мг/м³, СО₂ — до 0,00068 %, масел — до 0,06 мг/м³, паров воды — до 0,003 мг/л, а также удаление запахов.

3.13. Технические характеристики газовых баллонов

3.13.1. Газовые баллоны служат для транспортировки, хранения, заполнения барокамер и подачи на дыхание водолазу сжатого воздуха, кислорода и дыхательных газовых смесей. В дыхательных аппаратах используются баллоны емкостью от 1 до 12 л. Для транспортировки и хранения газов и газовых смесей используются отечественные транспортные баллоны емкостью 40 л и зарубежные баллоны емкостью до 55 л. Рабочее давление баллонов составляет в зависимости от материала, из которого они изготовлены, от 150 до 300 кгс/см².

3.13.2 Наибольшее распространение получили баллоны из легированной стали, рассчитанные на рабочее давление 150 и 200 кгс/см². В горловину баллона вворачиваются запорные вентили или штуцеры для присоединения воздушных трубок. Внутри баллона установлена трубка, идущая от горловины по всей его длине. Она предназначена для того, чтобы частицы окалины со стенок баллона не смогли попасть в редуктор и дыхательный автомат. Все баллоны в соответствии с установленным порядком должны подвергаться гидравлическому испытанию на давление в 1,5 раза больше рабочего.

Запорные вентили баллонов имеют корпус, штуцер подачи, зарядный штуцер, винтовой клапан, шпиндель, маховичок, фильтр, сальник, уплотнительные прокладки. Особенность запорных вентилях на баллонах для сжатых газов состоит в том, что для достижения лучшей герметичности вентиля основная вращающаяся часть (шпиндель) не перемещается вдоль корпуса, как у обычных кранов. Герметичность вентиля обеспечивается сальниковой гайкой с прокладками. На корпусе вентиля имеется основной штуцер, с помощью которого вентиль ввинчивается в баллон, и выпускной, к которому подсоединяется ре-

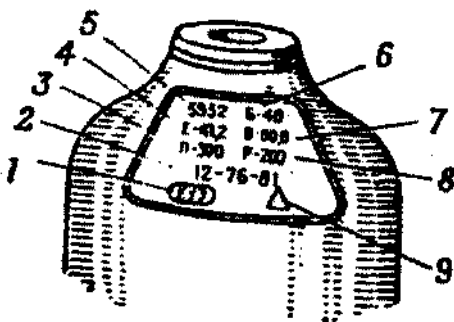


Рис.118. Клеймо баллона:

- 1 - товарный знак завода изготовителя;
- 2 - месяц, год изготовления (гидравлического испытания) и год следующего испытания;
- 3 — испытательное давление, кгс/см²;
- 4 — фактическая емкость баллона, л;
- 5 — номер баллона; 6 — номинальная емкость баллона, л; 7 - масса баллона (без вентиля), кг;
- 8 - рабочее давление, кгс/см²; 9 - клеймо ОТК

дуктор. Кроме того, на вентиле часто устанавливается зарядный штуцер для заполнения баллона воздухом.

На верхней сферической части каждого баллона выбито клеймо (рис. 118).

3.13.3. Английский концерн Luxfer Gas Cylinders выпускает газовые баллоны из сплава алюминия, магния и кремния. Конструкция, разработанная на ЭВМ, обеспечивает равномерную прочность всей поверхности баллона и отсутствие внутренних напряжений в стенках баллонов. Защитная пленка, образуемая алюминием, надежно предохраняет сосуды от кор-

розии, что продлевает срок их эксплуатации. Баллоны практически не создают магнитного поля. Емкость баллонов составляет от 3 до 12,2 л, масса — от 3,7 до 16,1 кг соответственно, рабочее давление — 232 кгс/см². Масса баллонов примерно на 40 % меньше массы стальных баллонов. Баллонам может быть придано плоское дно, что облегчает их хранение.

3.13.4. С середины 1990-х годов выпускаются отечественные облегченные баллоны из композитных материалов на основе органической нити, которые предназначены для длительного хранения воздуха. Баллоны с внутренним объемом 3 и 4 л рассчитаны на давление 300 кгс/см², а объемом 7 л — на 150 кгс/см². Масса баллонов составляет 1,2, 1,8 и 2,0 кг соответственно. Баллоны могут иметь различную геометрию и разрабатываться из композитных материалов на основе стеклянных, органических и угольных волокон.

3.13.5. Баллоны должны иметь определенную наружную окраску.

Воздушные транспортные баллоны окрашиваются черной масляной, эмалевой или нитрокраской. По окружности баллона на длину не менее 1/3 окружности белой краской наносится надпись «Сжатый воздух». Воздушные баллоны дыхательных аппаратов должны быть окрашены в серый цвет, разрешается окрашивать их в желтый или оранжевый цвет для обеспечения лучшей видимости в воде. Надпись «Сжатый воздух» на эти баллоны наносится черной краской по длине баллона, размер букв определяется в зависимости от величины боковой поверхности.

Кислородные транспортные баллоны и баллоны аппаратов, работающих на кислороде (для спусков под воду и кислородной декомпрессии), окрашиваются в голубой цвет. Надпись черным цветом «Кислород медицинский» наносится на транспортные баллоны по окружности баллона, а на баллоны дыхательных аппаратов - по их длине.

Транспортные баллоны с азотом окрашиваются черной краской и имеют надпись белым цветом «Азот».

Транспортные баллоны с 40 % КАС, окрашенные в черный цвет, должны иметь надпись белой краской «40 % кислородно-азотная смесь». Баллоны дыхательных аппаратов с 40 % КАС окрашиваются аналогично воздушным баллонам дыхательных аппаратов с нанесением на них черной краской «40 % кислородно-азотная смесь».

3.13.6. Все баллоны, находящиеся в эксплуатации, должны ежегодно и перед каждым использованием подвергаться внешнему осмотру и проверке на плотность. После повреждения, ремонта или истечения срока годности баллоны необходимо предъявлять на освидетельствование и гидравлическое испытание в инспекцию Госгортехнадзора или Регистра. Если баллон исправен, на нем выбивают новые данные (старые забивают) и устанавливают год очередного освидетельствования. Использовать неисправные баллоны или баллоны с просроченной датой очередного освидетельствования категорически запрещается.

3.13.7. Меры безопасности при работе с кислородными баллонами приведены в п. 4.2.5.

3.13.8. Стационарные баллоны компрессорных станций и барокамер имеют рабочее давление 150–200 кгс/см². Они 1 раз в 5 лет проходят освидетельствование и подвергаются щелочению.

3.14. Технические характеристики передвижных водолазных станций

3.14.1. Передвижные водолазные станции предназначены для лечения специфических заболеваний водолазов, для тренировок водолазного состава и медицинского персонала в условиях повышенного давления, для проведения водолазных спусков на глубины от 20 до 60 м на необорудованном побережье, морских акваториях, озерах и реках, в том числе на судах, потерпевших аварию, а также в других условиях, где нерационально или невозможно использование судовых водолазных комплексов. Кроме того, на этих станциях возможна заправка воздушных баллонов снаряжения с открытой схемой дыхания. Для спусков на глубины до 20 м применяются автомобильные водолазные станции СВА-1 и ПРК. Широкое применение для спусков на глубины до 40 м и проведения лечебной рекомпрессии нашли передвижные рекомпрессионные станции типа ПРС (ПРС-В и ее модификации — ПРС-ВА и ПРС-ВМ). Созданы Автономный модульный водолазный комплекс АМВК-30, -45, -60 для спусков на глубины до 30 (45 и 60) м и Мобильный водолазный комплекс МВК, предназначенный для спусков на глубины до 45 (60) м.

3.14.2. Основные характеристики передвижных водолазных станций представлены в табл. 16.

3.14.3. Станция СВА-1 отличается от всех остальных мобильных водолазных комплексов отсутствием барокамеры. Она размещается на автомобиле ЗИЛ-131 с прицепом. Оборудована компрессором ВК-25Д1

Таблица 16. Основные характеристики передвижных водолазных станций

Показатели	Характеристики станций			
	ПРК	ПРС	АМВК-60	МВК-60
Базовый автомобиль: — количество — марка	2 ЗИЛ-151	1 ЗИЛ-131, ЗИЛ-157Е	1 КАМАЗ	1 КАМАЗ
Число прицепов	Нет	1	1	Нет
Компрессор: — количество — марка — максимальное давление воздуха, кгс/см ²	1 В -25Д1 25	2 К-2-150 150	2 Электрокомп. автоматизир. 200	1 BAUER 230
Фильтр очистки	ФВС-55	ФВД-200У	ФВД-200У	BAUER
Декомпрессионная камера: — марка — максимальное давление, кгс/см ²	РК 10	РКМу 10	РКМу 10	РКУМу 10
Макс. глубина погружения, м	20	40	60	45 (60)
Тип водолазного снаряжения	Вентилируемое	Комбинированное вентилируемое и с открытой схемой	Вентилируемое и с открытой схемой дыхания	Снаряжение с открытой схемой дыхания и СВВ-97

с фильтром ФВД-200у. Запас воздуха, приведенного к нормальному давлению, составляет 16,3 м³. Имеется выносной пульт управления. Водолазная станция предназначена для водолазных спусков на глубины до 20 м с использованием вентилируемого снаряжения.

3.14.4. Станция ПРК смонтирована на шасси двух грузовых автомобилей ЗИЛ-151. В кузове одного автомобиля размещена барокамера, в кузове другого - компрессор, а также в обоих кузовах находится одинаковое количество баллонов. К месту работы автомобили идут самостоятельно, а там становятся борт к борту и соединяются воздушными шлангами.

3.14.5. Передвижная рекомпрессионная станция типа ПРС (рис. 119, 120) размещается на базе автомашины повышенной проходимости ЗИЛ-131 или ЗИЛ-157Е и прицепа 2ПН-4. Автомашина и прицеп оборудованы закрытыми утепленными кузовами.

На автомашине размещены:

- 2 компрессора высокого давления (производительностью 3,8 л/мин) и генератор переменного тока для обеспечения станции сжатым воздухом и электроэнергией;

- механическая установка для питания компрессоров и генератора;
- группа воздушных баллонов;
- фильтр воздуха высокого давления ФВД-150у;
- воздухоподогреватель;
- главная воздухораспределительная колонка;
- главный электрораспределительный щит;
- щит освещения машины;
- стол-конторка;
- штуцер для зарядки баллонов автономных водолазных аппаратов;
- двухрожковый воздухораспределительный водолазный щит.

На прицепе размещены:

- барокамера РКМ или барокамера РКМу, оборудованная системой вентиляции СВ-1, работающей по открытой и полужамкнутой схемам;

- контрольно-измерительный щит барокамеры;
- группа воздушных баллонов;
- аккумуляторная батарея для аварийного освещения прицепа;
- 3 спальных места для отдыха водолазов;
- воздухораспределительный щит барокамеры;
- щит освещения и силовой щит прицепа;
- стол-конторка с гнездами для хранения ХП-И;
- носилки медицинские;
- кислородный ингалятор;
- установка для очистки воздуха барокамеры от углекислого газа;
- шкафчик для водолазной аптечки.

Система всасывания выполнена общей для двух компрессоров, а приемное устройство вынесено на крышу кузова, где перед началом работы устанавливается противопылевой фильтр. Гибкий шланг-удлинитель выхлопного трубопровода двигателя позволяет отвести выхлопные газы на 6—8 м от автомашины.

Водолазные спуски с использованием рекомпрессионной станции типа ПРС возможны при размещении на ней водолазного снаряжения и некоторых средств обеспечения спусков.

Воздушная система передвижной рекомпрессионной станции предназначена для:

- проведения компрессии отсеков барокамеры до давления 10 кгс/см² (100 м вод.ст.) и вентиляции отсеков;
- подачи воздуха к водолазному воздухораспределительному щиту с целью обеспечения (при необходимости) водолазных работ с использованием вентилируемого водолазного снаряжения или снаряжения с от-

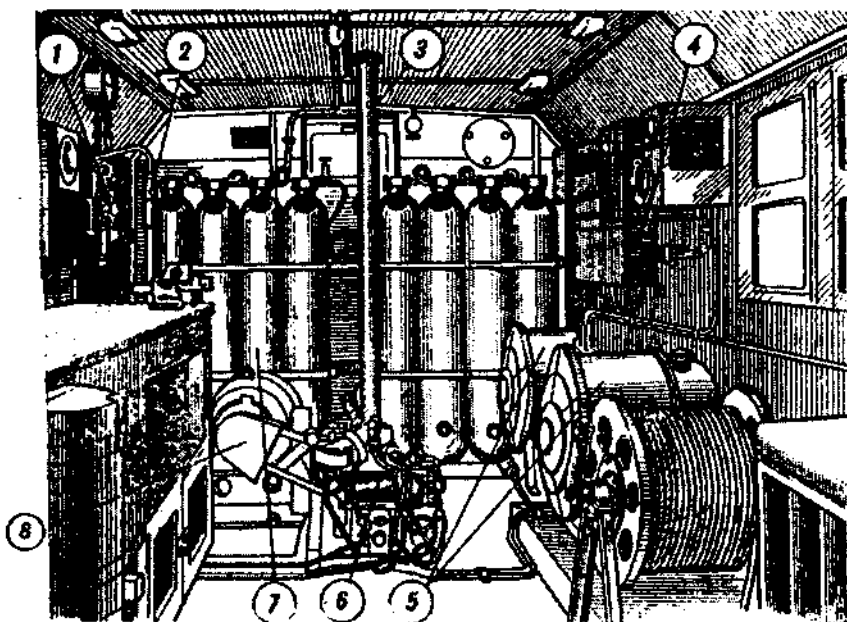


Рис. 119. Передвижная рекомпрессионная станция типа ПРС (внутренний вид базового автомобиля ЗИЛ-157Е):

- 1 - воздухораспределительная колонка, 2 - ФВД-150у, 3 - воздухозаборник, 4 — электрораспределительный щит, 5 - вентиляторы, 6 — компрессор, 7 — воздушные баллоны, 8 — генератор

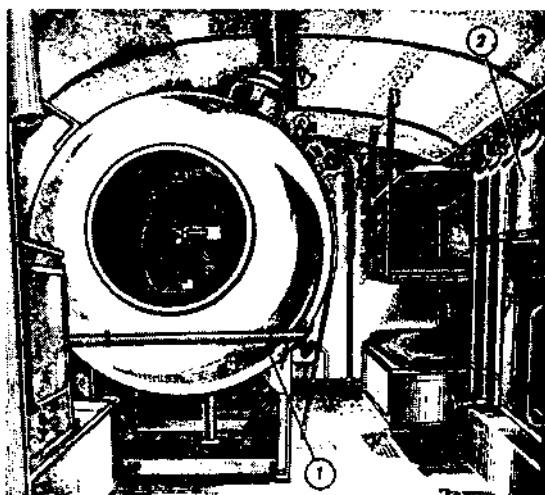


Рис. 120. Передвижная рекомпрессионная станция типа ПРС (внутренний вид прицепа 2ПН-4):

- 1 - барокамера РКМу, 2 - воздушные баллоны

крытой схемой дыхания в шланговом варианте;

- обеспечения зарядки воздушных баллонов водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания.

Общая емкость воздушных баллонов составляет 72 м^3 свободного воздуха под давлением до 150 кгс/см^2 .

Управление воздушной системой осуществляется с двух точек: с воздухораспределительной колонки автомашины и с воздухораспределительного щита барокамеры в прицепе.

Воздух для компрессии и вентиляции барокамеры расходуется временно из всех баллонов, для чего перед началом работы воздухопроводы в автомашине и прицепе соединяются съёмными трубопроводами (шлангами) воздуха высокого и среднего давления.

3.14.6. Автономный модульный водолазный комплекс АМВК-60 выполнен в виде двух модулей стандартных контейнеров ИСО и может транспортироваться к месту работ любым видом транспорта (железнодорожным, водным и автомобильным). Может устанавливаться на плавсредствах, плотинах, на льду, необорудованном побережье, а также на автомобильном прицепе (трейлере) с тягачом типа КАМАЗ.

Комплекс состоит из двух модулей: энергетического водолазного и лечебно-декомпрессионного водолазного.

В состав основного оборудования энергетического водолазного модуля входят:

- дизель-генератор с выходной электрической мощностью 30 кВт;
- 2 электрокомпрессора системы сжатого воздуха производительностью 1,33 л/мин каждый при давлении нагнетания 200 кгс/см²;
- баллоны для хранения сжатого воздуха;
- фильтр воздуха высокого давления ФВД-200у.

В основном модуле имеется также санузел с биохимическим туалетом.

В состав основного оборудования лечебно-декомпрессионного модуля входят:

- двухместная барокамера;
- баллоны для хранения сжатого воздуха;
- воздухораспределительный водолазный щит;
- средства обогрева барокамеры и холодильная установка для ее охлаждения.

В лечебно-декомпрессионном модуле также оборудован пост оператора, обеспечивающего спуски, включая место для ведения рабочей документации и обеспечения декомпрессии, предусмотрены места для одевания и раздевания водолазов в холодное время, места для сна, отдыха и приготовления пищи. Органы управления и контроля систем и оборудования в каждом модуле скомпонованы так, чтобы имела возможность обслуживания модуля одним человеком.

Корпуса модулей имеют теплоизоляцию, электрообогрев, освещение, естественную и приточно-вытяжную вентиляцию.

В состав оборудования комплекса входят переносные приборы газоанализа на углекислый газ и вредные вещества (окислы азота, окись углерода и др.).

Автономность комплекса ограничивается только запасом топлива для дизель-генератора и составляет 3 сут.

Комплекс обеспечивает одновременный спуск двух водолазов на глубину до 40 м или спуск одного водолаза на глубину до 60 м с экспозицией на фунте до 60 мин в вентилируемом снаряжении с усредненным расходом воздуха 100 л/мин и обеспечением неснижаемого запаса воздуха для выхода водолазов с глубины и проведения декомпрессии при выходе из строя или обесточивании электрокомпрессоров, а также ле-

чебную рекомпрессию двух водолазов или одного водолаза и врача (фельдшера).

На основе комплекса АМБК-60 возможна также поставка:

- водолазного комплекса АМБК-30 и АМБК-45 для спусков на глубины до 30 и 45 м соответственно;
- лечебно-декомпрессионного водолазного модуля ЛВМ для использования в учебно-тренировочных школах и местах базирования водолазов или подводных пловцов.

По желанию заказчика комплекс поставляется с отечественными образцами водолазного снаряжения или с водолажным снаряжением SUPERLITE 27B (см. п. 3.6.24) с гидрокombineзоном «сухого» типа Viking SL-27B HD Combi с запасными частями и принадлежностями.

При комплектации водолазной станции вентилируемым снаряжением применяется снаряжение с шлемом АН-3 и гидрокombineзоном «сухого» типа VIKING АН-3 HD Combi с запасными частями и принадлежностями (см. п. 3.2.18).

Облегченная водолазная станция комплектуется мягкой шлем-маской КМВ-18В с гидрокостюмами «сухого» типа Unisuit Exclusive или Viking PRO.

3.14.7. Мобильный водолазный комплекс МВК предназначен для обеспечения спусков двух водолазов на глубины до 45 м и выполнения водолазных работ с ледовых полей, плавучих буровых установок, стационарных морских и речных платформ, плотин электростанций и на необорудованном побережье. По запасам воздуха МВК может использоваться для водолазных спусков на глубины до 60 м при оборудовании спускоподъемным устройством и водолажным колоколом «мокрого» типа. Комплекс смонтирован на базе 20-футового контейнера 1СС и пригоден для транспортировки автомобильным, железнодорожным, речным, морским и воздушным транспортом. Комплекс может быть выполнен в двух вариантах 2- и 3-контейнерной комплектации, а при необходимости установки дополнительного оборудования комплекс может быть увеличен до 4 контейнеров.

Комплекс обеспечивает выполнение подводных работ одновременно двумя водолазами в автономном или шланговом варианте на глубинах до 45 м в течение 45 мин без учета времени декомпрессии, а также проведение лечебной декомпрессии по 3-му режиму «Межотраслевых правил по охране труда при проведении водолазных работ. Часть II. Медицинское обеспечение водолазов».

Стандартное оборудование комплекса включает барокамеру РКУМу диаметром 1000 мм с полузамкнутой системой вентиляции СВ-1, 2-постоящую проводную телефонную станцию. Воздухоснабжение обеспечивают компрессор фирмы BAUER производительностью 260 л/мин (230 кгс/см^2), три 130-литровых стационарных воздушных баллона (200 кгс/см^2), универсальный пульт подачи и распределения воздуха. Комплекс может эксплуатироваться при температуре окружающего воздуха от -30 до $+40$ °С при относительной влажности воздуха до 95 %. Для поддержания комфортных условий предусмотрен кондиционер-кало-

рифер. Имеется одно спальное место для персонала, столы и шкафы для хранения, обслуживания и ремонта водолазного снаряжения.

Для обеспечения работы МВК может поставляться любое водолазное снаряжение и средства обеспечения водолазных спусков и работ: вентилируемое водолазное снаряжение СВВ-97, кабель-шланговые связки длиной до 120 м, установка подводного освещения, комплекс подводного телевидения, оборудование для подводной сварки и резки. В соответствии с пожеланиями заказчика возможна установка барокамеры с замкнутой системой очистки и стационарной системы дыхания от масок, подводного инструмента. Комплекс может также быть выполнен в автономном варианте и в варианте декомпрессионного комплекса с барокамерой РКМу диаметром 1200 мм, оборудован спуско-подъемным устройством и открытым водолазным колоколом.

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ НА ГЛУБИНЫ ДО 60 М И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ И РАБОТ

4.1. Организация водолазных спусков на глубины до 60 м

4.1.1. Водолазные спуски и работы выполняются предприятиями (организациями)*, имеющими лицензию на право проведения водолазных спусков и работ, выданную компетентными органами в соответствии с действующим законодательством. Предприятия, получившие лицензию, должны иметь:

- водолажную службу, укомплектованную водолазным, инженерно-техническим и медицинским персоналом, допущенным к проведению и обеспечению водолазных спусков и работ в соответствии с установленным порядком и действующими руководящими документами;
- водолазную и другую технику.

4.1.2. Организация, подготовка и проведение водолазных спусков и работ в народном хозяйстве, основные требования безопасности при их проведении и основные требования к эксплуатации водолазной техники определяются действующими «Межотраслевыми правилами по охране труда при проведении водолажных работ. Часть I. Правила водолажной службы», требования которых обязательны для должностных лиц всех предприятий и их структурных подразделений независимо от формы собственности. В ВМФ организация водолажных спусков и работ определяется действующими «Правилами водолажной службы Военно-Морского Флота».

4.1.3. Организационной основой водолажного дела является водолазная служба министерства (ведомства, управления, объединения и прочих организаций), состоящая из служб подчиненных ему предприятий и других структурных подразделений. Водолазная служба представляет собой совокупность производственных, медицинских, научно-исследовательских подразделений (групп, звеньев), а также отдельных специалистов, в функции которых входит выполнение работ под водой, организация и осуществление мероприятий по обеспечению и контролю за выполнением водолажных спусков и работ.

Водолажные службы в пределах их компетентности осуществляют свою деятельность в системе министерства (ведомства, управления, объединения) или на предприятии в соответствии с задачами, указанными в «Типовом положении о водолажной службе», которое приведено в приложении к «Межотраслевым правилам по охране труда при проведении водолажных работ. Часть I. Правила водолажной службы».

4.1.4. Для руководства деятельностью водолажной службы в министерстве (ведомстве) должен быть предусмотрен главный водолазный специалист.

"Далее — предприятия.

Для общего руководства водолазной службой на предприятии, а также для систематического контроля за выполнением требований «Межотраслевых правил...» и за всеми лицами, имеющими отношение к организации и производству водолазных спусков и работ, в составе администрации предприятия должны быть штатные водолазные специалисты. Водолазный специалист должен предусматриваться штатом при наличии на предприятии от 5 до 10 водолазных станций.

4.1.5. Водолазный спуск — это процесс, включающий погружение водолаза под воду (процесс повышения давления газовой среды в барокамере с находящимися в ней водолазами), пребывание водолаза на заданной глубине (под заданным давлением газовой среды в барокамере) и подъем на поверхность (снижение давления в барокамере) по режиму декомпрессии или без него.

Водолазные спуски в народном хозяйстве различаются по глубине на:

- мелководные водолазные спуски (до 2,5 м);
- водолазные спуски на малые глубины (от 2,5 м до 12 м),
- водолазные спуски на средние глубины (от 12 до 60 м);
- глубоководные водолазные спуски (на глубины более 60 м).

По назначению водолазные спуски подразделяются на рабочие, учебные, тренировочные, квалификационные и экспериментальные.

Спуски водолазов-операторов в жестких устройствах, а также пребывание водолазов и медицинского персонала под повышенным давлением в барокамерах являются разновидностью водолазного спуска.

4.1.6. Для проведения водолазных спусков комплектуются водолазные станции. Водолазная станция представляет собой комплект водолазного снаряжения, включая страхующее снаряжение, а также средства обеспечения водолазных спусков и работ, необходимые для погружения, пребывания под водой и подъема водолаза на поверхность. При выполнении водолазных работ под водолазной станцией понимается водолазное подразделение (бригада), укомплектованное людьми и оснащенное водолазной техникой.

4.1.7. Для руководства деятельностью водолазной станции приказом администрации предприятия должен назначаться старшина (бригадир) водолазной станции, который должен иметь квалификацию не ниже водолаза 2-го класса.

Старшина (бригадир) водолазной станции подчиняется руководителю водолазных работ, а по специальности — водолазному специалисту. В период водолазного спуска он подчиняется руководителю водолазного спуска, если сам не руководит спуском.

Старшина (бригадир) водолазной станции является руководителем персонала водолазной станции и осуществляет непосредственное руководство деятельностью водолазной станции. Он отвечает за сохранность и техническое состояние водолазной техники и другого имущества станции, за наличие руководящей нормативной документации и правильность ведения учетно-отчетной документации, за готовность водолазной станции к проведению водолазных работ, а также за качество их выполнения.

При одновременной работе с водолазного поста двух и более водолазных станций приказом администрации предприятия должен быть назначен старшина водолазного поста, которому подчиняются старшины водолазных станций.

4.1.8. К водолажным спускам и работам допускаются лица, имеющие свидетельство об окончании водолазной школы (курсов), личную книжку водолаза и личную медицинскую книжку водолаза с заключением водолазной клинико-экспертной комиссии (ВКЭК) о пригодности к водолажным спускам и работам с указанием установленной глубины погружения в текущем году.

4.1.9. Допуск лиц к проведению и обеспечению водолажных спусков и работ осуществляется приказом по предприятию после ежегодного подтверждения водолазной квалификационной комиссией (ВКК) их квалификации, а водолазов и медицинский персонал кроме того — после проверки ВКЭК состояния их здоровья.

В приказах на основании заключений ВКК объявляют список лиц, допущенных к водолажным спускам и работам (с указанием вида снаряжения и характера работ), к руководству водолажными спусками и работами, обслуживанию конкретных видов водолажной техники и медицинскому обеспечению водолажных спусков, а также список лиц не-водолажной специальности, допущенных к обеспечению водолажных спусков. Устанавливаются глубины погружения лицам, допущенным ВКЭК к водолажным спускам и оказанию медицинской помощи в барокамере под давлением. Спуск водолаза на глубину, превышающую установленную в приказе, запрещается.

4.1.10. К руководству водолажными работами приказом администрации предприятия ежегодно допускаются лица после подтверждения ВКК их знаний нормативной документации по безопасности труда на водолажных работах. Назначение, перемещение или освобождение руководителя водолажных работ от обязанностей производится приказом руководителя предприятия или начальника территориальной группы по представлению главного инженера, начальника производственного отдела предприятия или территориальной группы по согласованию со старшим водолажным специалистом предприятия или территориальной группы. Назначение руководителя водолажных работ должно производиться с учетом характера предстоящих работ и при обязательном соблюдении требований к его квалификации, утвержденных в установленном порядке.

Руководителем водолажных работ назначается работник, имеющий, как правило, законченное высшее техническое образование по специальности, соответствующей выполняемой водолажной работе, и стаж практической работы не менее 1 года, или имеющий среднетехническое образование и стаж практической работы не менее 2 лет. Руководитель водолажных работ может быть назначен из числа работников, не имеющих специального образования, соответствующего выполняемой водолажной работе, но хорошо знающих технологию выполняемых работ и имеющих практический опыт на данной работе не менее 3 лет.

При выполнении силами экипажа водолазных судовых работ, не связанных с общесудовой тревогой, руководителем водолазных работ назначают старшего механика судна, а при проведении водолажных работ, связанных с общесудовой тревогой, — начальника судовой аварийной партии. Руководитель судовых водолажных работ назначается капитаном судна.

При проведении экспериментальных спусков, освоении новой техники, а также выполнении работ в особых условиях руководителем водолажных работ назначают водолазного специалиста.

В целях обеспечения более оперативного и качественного руководства водолажными работами и возможности личной проверки правильности их выполнения желательно, чтобы руководитель водолажных работ имел право спусков под воду.

4.1.11. Руководителю водолажных работ подчинен весь водолазный и обеспечивающий персонал объекта водолажных работ. Он отвечает за организацию водолажных работ, их безопасность, сроки выполнения и качество. Руководитель водолажных работ осуществляет общее руководство водолажными работами на объекте (объектах), обеспечивает выполнение плановых заданий, эффективное использование производственных мощностей, экономное расходование сырья и материалов, повышение производительности труда.

4.1.12. К руководству водолажными спусками допускаются лица, имеющие следующие квалификации:

- водолаз 2-го класса - на глубинах до 20 м;
- мастер водолажных работ или водолаз 1-го класса - на глубинах до 60 м;
- водолазный специалист — на предельных глубинах.

К руководству водолажными спусками на глубинах до 20 м с водолажной станции, укомплектованной персоналом, имеющим квалификацию «водолаз», может допускаться лицо, имеющее квалификацию «водолаз», подготовленное и допущенное ВКК к руководству водолажными спусками.

На каждой водолажной станции должно быть не менее 2 водолазов, имеющих допуск ВКК и назначенных приказом предприятия к руководству водолажными спусками, одним из которых назначается старшина водолажной станции. Если старшина водолажной станции не спускается под воду, то он выполняет обязанности руководителя водолажного спуска. При спуске старшины водолажной станции руководителем спуска назначается водолаз, допущенный к руководству спусками.

4.1.13. Руководителю водолажного спуска подчиняются водолазы и обеспечивающий персонал водолажной станции в период водолажных спусков.

Руководитель водолажного спуска осуществляет непосредственное руководство водолажным спуском и контроль за действиями водолазов и персонала, участвующего в обслуживании водолажного спуска. Руководитель спуска отвечает за организацию проведения водолажного спуска, соблюдение водолазами и обслуживающим персоналом требований безопасности труда и за безопасность спускающихся водолазов в течение всего периода спуска. При проведении декомпрессии на поверхности пе-

передача руководства медицинскому работнику производится после помещения водолаза в барокамеру и подъема в ней давления, соответствующего глубине остановки, с которой водолаз был поднят на поверхность.

Давать какие-либо указания спускающимся водолазам или лицам, обеспечивающим спуск, имеет право только руководитель спуска. При неправильных действиях руководителя спуска, которые могут привести к аварии или несчастному случаю, руководитель водолазных работ может отстранить руководителя спуска от исполнения обязанностей. При этом руководитель работ должен сам лично руководить спуском, а если у него нет допуска к руководству спусками, то он должен назначить другого руководителя спуска, имеющего допуск. Обратная передача руководства спуском может производиться только после подъема водолаза на поверхность. О принятии руководства спуском и об обратной его передаче должна быть сделана запись в Журнале водолажных работ.

4.1.14. Перед началом водолажных работ, выполняемых на отдельных объектах (в условиях экспедиции или командировки), приказом или распоряжением администрации должны быть назначены:

- руководитель водолажных работ;
- руководители водолажных спусков;
- состав водолажной группы;
- лица, осуществляющие медицинское обеспечение;
- лица, обеспечивающие водолазные спуски и работы.

В приказе должно быть, кроме того, предусмотрено материально-техническое обеспечение. В остальных случаях все назначения перед началом водолажных работ определяются наряд-заданием.

4.1.15. При проведении водолажных спусков водолазные станции должны быть укомплектованы водолазами в соответствии с требованиями, указанными в табл. 17.

Таблица 17. Минимально допустимое количество водолазов на станции

Глубина погружения, м	Минимальное количество водолазов, включая руководителя водолазного спуска	
	при спуске под воду одного водолаза	при спуске под воду двух водолазов одновременно
До 20	3	5
21–45	4	6
46–60	6	7

При наличии на водолажной станции менее 5 водолазов для возможности спуска под воду страхующего водолаза к обслуживанию спусков должны привлекаться лица из числа вспомогательного персонала. Необходимое количество таких лиц определяет перед началом спуска руководитель водолажного спуска.

Лица вспомогательного персонала, привлекаемые для обслуживания водолажных спусков, и не входящие в штат водолажной станции, должны

иметь соответствующую подготовку и допуск, оформленный приказом администрации предприятия, а перед исполнением обязанностей по обслуживанию водолазного спуска получить инструктаж на рабочем месте.

При спуске водолаза в снаряжении с открытой схемой дыхания и с замкнутой схемой дыхания кислородом на станции должно быть не менее трех водолазов. В аварийных случаях, при спасении людей, а также на спасательных станциях допускается иметь двух водолазов. В этом случае для одевания и обслуживания работающего водолаза могут привлекаться лица из числа допущенного вспомогательного персонала.

Парный спуск (спуск одновременно двух водолазов) с одной водолазной станции выполняется под руководством одного руководителя водолазного спуска при наличии одного страхующего водолаза.

В зависимости от условий спуска и характера выполняемых работ водолазная станция кроме персонала, указанного в табл. 17, должна быть укомплектована дополнительным количеством водолазов, приведенным в табл. 18.

Таблица 18. Дополнительное количество водолазов при различных работах

Условия и виды работ	Дополнительное количество водолазов при спусках на различные глубины		
	до 20 м	21–45 м	46–60 м
Работы внутри судна, отсека, помещения	1	2	3
С использованием электросварочного оборудования	1	1	1
С использованием взрывчатых и взрывоопасных веществ	1-2	2-3	4
На течении от 1 до 2 м/с	1	2	2
С использованием механизированного инструмента	1	1	1
В нефтепродуктах и глинистых растворах	2	2	2
В горячей воде при температуре свыше 28 °С	2	2	2
В районах обитания опасных морских животных	2	2	1
При вынужденных спусках на волнении свыше 3 баллов	2	2	2
При дыхании кислородом в барокамере	1	1	1
В условиях высокогорья	2	2	2

При использовании водолазной помпы для подачи воздуха водолазу необходимо следующее количество качалычиков:

- при спусках на глубины до 6 м — не менее 3 человек;
- при спусках на глубины от 6 до 12 м — не менее 4 человек;
- при спусках на глубины от 12 до 20 м применяются 2 спаренные помпы, на каждую из которых выделяется не менее 4 человек.

4.1.16. До начала работ на объекте руководитель водолазных работ должен получить и изучить проектно-сметную документацию на порученные ему объекты и работы, определить необходимое количество водолазного и вспомогательного персонала соответствующей квалификации, водолазной техники и других технических средств.

Все водолазные работы, кроме спасательных, проводятся по наряд-заданиям. Водолазные работы, обеспеченные технологической документацией на выполнение работ, проводятся в соответствии с проектами организации работ или строительства (планами, календарными графиками, технологическими картами или другими технологическими документами). В отдельных случаях, когда отсутствует необходимость дополнительной разработки пооперационной технологии выполнения работ, эти работы могут выполняться без проекта организации работ. Необходимость разработки проекта для указанных работ определяется руководителем водолазных работ.

Экспериментальные водолазные спуски и работы выполняются по специальным программам и методикам, разработанным и утвержденным установленным порядком. Тренировочные, квалификационные и учебные водолазные спуски проводятся без оформления наряд-задания по планам, утвержденным администрацией предприятия. В плане указываются место, глубина (величина давления в барокамере), время и цель водолазных спусков, определяются меры безопасности, а также медицинское и материально-техническое обеспечение.

При выполнении водолазных работ в месте базирования отряда руководитель водолазных работ получает у администрации отряда или территориальной группы оформленное наряд-задание. При работах вне места базирования отряда руководитель водолазных работ должен сам оформить наряд-задание и суточный план.

Руководитель водолазных работ должен ознакомить водолазный состав с проектом (планом) и наряд-заданием на выполнение водолазных работ.

При сложных водолазных работах, если это необходимо, по решению руководителя водолазных работ может быть организовано изучение идентичных конструкций аварийных судов и объектов (при возможности побывать на аналогичном судне с целью ознакомления с его устройством), а при необходимости могут быть изготовлены макеты и модели.

Перед началом водолазных работ, при выполнении которых безопасность труда водолазов не зависит от производственной деятельности какого-либо предприятия (объекта) или обслуживаемого судна, руководитель водолазных работ должен:

- в условиях, полностью соответствующих требованиям «Межотраслевых правил...», организовать и проконтролировать проведение инструктажа по безопасности труда с записью в журнале водолазных работ;

- в условиях, не охваченных требованиями «Межотраслевых правил...», письменно разработать мероприятия по обеспечению безопасности труда водолазов и передать руководителю водолазного спуска для выполнения.

Руководитель водолазных работ в зависимости от глубины водолазных спусков должен организовать медицинское обеспечение водолазных спусков и работ на объекте. В зависимости от сложности и территориальной разбросанности объектов работ за руководителем водолазных работ могут быть закреплены один или несколько объектов.

4.1.17. Подготовка к водолажным спускам включает в себя подготовку и рабочую проверку основного и страхующего водолазного снаряжения и средств обеспечения водолажных спусков и работ, распределение обязанностей между водолазами, лицами, обеспечивающими спуски, и их инструктаж, а также одевание водолаза.

4.1.18. Перед началом работ старшина (бригадир) водолазной станции должен получить от руководителя водолажных работ наряд-задание, ознакомить водолажный состав станции со способами и технологией выполнения работ под водой, произвести распределение обязанностей между водолазами (определив в том числе свои обязанности при спусках; как правило, он является руководителем спусков), установить очередность спусков водолазов, выдать задание каждому водолазу и пояснить способ его выполнения, а также обязанности каждого водолаза при возникновении аварийной ситуации.

4.1.19. До начала водолажных работ руководитель водолазного спуска должен:

- уяснить поставленную задачу, определить порядок ее выполнения;
- организовать проверку запасов и качества сжатого воздуха, погложительных и регенеративных веществ, принять меры для пополнения их запасов до полных норм;
- организовать проверку готовности всех средств обеспечения водолажных спусков и работ;
- ознакомиться с гидрометеорологическим режимом на месте (в районе) проведения спусков, а при наличии приливоотливных течений иметь график приливов и отливов на весь период водолажных спусков;
- убедиться в том, что подняты соответствующие предупредительные сигналы о производстве водолажных работ;
- уточнить местоположение ближайшей барокамеры (при ее отсутствии на месте спуска), способ и маршрут следования к ней, вид связи, транспортное средство и другие вопросы, связанные с доставкой водолаза в эту барокамеру;
- определить допустимое время пребывания водолаза под водой в соответствии с рабочими таблицами декомпрессии;
- провести инструктаж на рабочем месте с учетом специфики и условий спуска, убедиться путем контрольного опроса инструктируемых в знании своих обязанностей и требований безопасности, а также сделать об этом запись в Журнале водолажных работ;

- лично контролировать проведение рабочей проверки водолазного снаряжения спускающимся и страхующим водолазами, а также средств обеспечения водолазных спусков;
- определить местонахождение и степень готовности страхующего водолаза к спуску под воду;
- проверить наличие и правильность записей в журнале водолазных работ о проведении рабочих проверок;
- при необходимости участвовать в одевании спускающегося водолаза.

4.1.20. Перед спуском водолаза с плавсредства устанавливается водолазный трап (для спуска в воду и подъема на палубу), заводятся спусковой конец (для спуска на грунт и подъема водолаза) и декомпрессионная беседка (для проведения декомпрессии при спусках на глубины более 12 м), а при необходимости также рабочие концы: подкильный конец (для работы под корпусом судна), ходовой конец (для обеспечения передвижения водолаза в заданном направлении) или вспомогательный конец (для выполнения конкретных видов водолазных работ). Общая схема размещения средств спуска и подъема водолазов представлена на рис. 121 и 122. При спусках в плавательном варианте водолазного снаряжения заведение рабочих концов не обязательно.

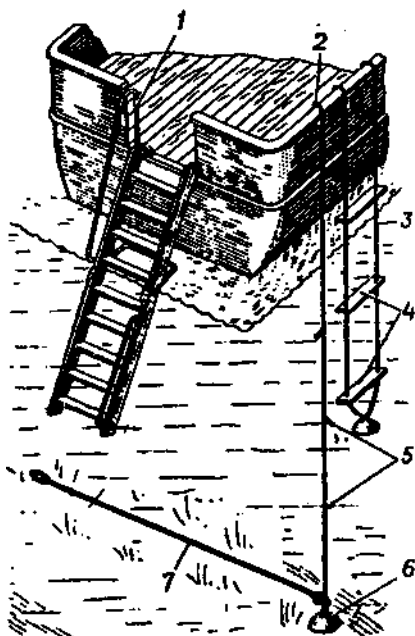


Рис. 121. Стандартная схема размещения средств спуска и подъема водолазов:
1 - водолазный трап, 2 - спусковой конец, 3 - декомпрессионная беседка, 4 — балясины, 5 — марки глубины, 6 — груз, 7 — ходовой конец

Для спуска водолазов с высокобортовых судов (при расстоянии от места спуска до поверхности воды более 2м) обычно используется водолазная беседка (рис. 123). В случае применения водолазной беседки установка водолазного трапа и декомпрессионной беседки не обязательна.

4.1.21. На водолазной станции, укомплектованной 3 водолазами, перед каждым спуском проводится распределение обязанностей между водолазами в следующем порядке:

- 1-й водолаз (работающий) назначается для спуска под воду;
- 2-й водолаз (обеспечивающий) - на сигнальный конец (кабель-сигнал) и водолазный шланг. Он же является руководителем водолазного спуска;
- 3-й водолаз (страхующий) - на разговорную связь и подачу воздуха, а также в готовность к оказанию помощи работающему водолазу в аварийной ситуации.

Распределение обязанностей среди водолазов при спусках на глубины более 20 м, при спусках

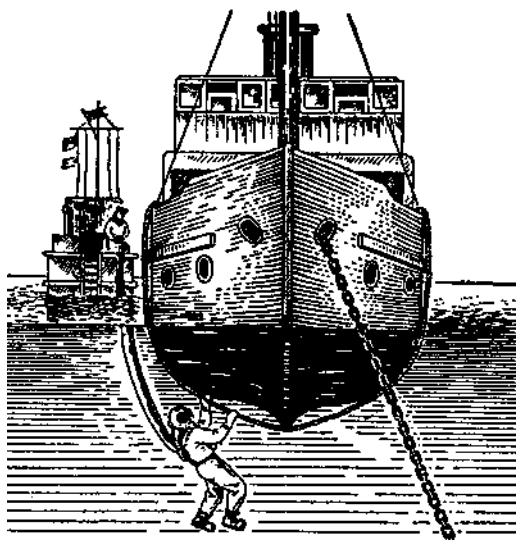


Рис. 122. Работа водолаза на подкильном конце.

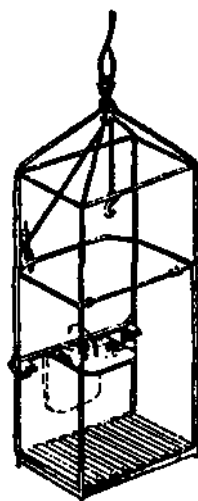


Рис. 123. Водолазная беседка

одновременно 2 водолазов и при условиях, требующих дополнительного количества водолазов, производится руководителем водолазного спуска. В любом случае руководитель спуска не может выполнять обязанности страхующего водолаза.

4.1.22. В ходе водолазного спуска руководитель водолазного спуска должен:

- руководить действиями работающего водолаза (или работающих водолазов), а также лиц, обеспечивающих водолазные спуски;
- действовать при аварийной ситуации или неблагоприятном изменении обстановки под водой спокойно и решительно для предотвращения или ликвидации аварийной ситуации;
- после выполнения заданий работающим водолазом дать ему разрешение на выход и начать подъем на 1-ю остановку в соответствии с режимом декомпрессии, выбранным водолазным врачом или лицом, осуществляющим медицинское обеспечение водолазного спуска;
- следить за соблюдением режима декомпрессии во время подъема водолаза или за скоростью его подъема;
- доложить руководителю водолазных работ о подъеме (выходе) работающего водолаза на поверхность;
- после выхода водолаза на поверхность руководить его раздеванием и при необходимости переводом водолаза в барокамеру и приведением водолазной техники в готовность к использованию;
- в случае возникновения у водолаза специфического или неспецифического заболевания, требующего проведения лечебной рекомпрессии, руководить лечением в барокамере по выбранному режиму до прибытия водолазного врача или фельдшера.

По окончании работ по наряд-заданию руководитель водолазного спуска должен принять участие в оформлении документации на выполненные работы.

4.1.23. Работающий водолаз подчиняется руководителю водолазного спуска и осуществляет непосредственное выполнение заданий под водой с соблюдением требований безопасности. Он обязан уяснить технологию и приемы выполнения задания, подготовить и провести рабочую проверку водолазного снаряжения, а при необходимости также дыхательного аппарата для кислородной декомпрессии, расписаться в Журнале водолазных работ о рабочей проверке и получении инструктажа на рабочем месте, после чего доложить руководителю водолазного спуска о готовности к спуску.

Спустившись на место работы, водолаз должен осмотреться, убедиться в исправной работе водолазного снаряжения и сообщить о своем самочувствии руководителю спуска. Работая под водой, он должен выполнять команды, подаваемые руководителем спуска, следить за чистотой своего шланга и сигнального (контрольного) конца, отсутствием их слабины. Работающий водолаз должен регулярно докладывать руководителю спуска о своих перемещениях, действиях, выполняемой работе и самочувствии, а также обо всех изменениях окружающей обстановки. При плохом самочувствии, неблагоприятном изменении обстановки, обнаружении нарушения нормальной работы водолазного снаряжения он должен немедленно сообщать руководителю спуска и действовать в соответствии с его указаниями, а при необходимости принять неотложные меры с последующим докладом. При выходе из строя средств связи водолаз должен действовать самостоятельно в целях предотвращения и ликвидации аварийной ситуации, прекратить работу и выходить на поверхность, сообразуясь с обстановкой. О выполнении задания он должен доложить руководителю спуска, после получения сигнала о выходе на поверхность водолаз должен ответить на него, прекратить работу, подойти к спусковому концу (беседке) и начать подъем на поверхность с соблюдением (при необходимости) режима декомпрессии. Находясь в барокамере при декомпрессии (лечебной рекомпрессии), точно выполнять требования лица, осуществляющего руководство декомпрессией (лечебной рекомпрессией).

4.1.24. Обеспечивающий водолаз подчиняется руководителю водолазного спуска и осуществляет непосредственное обслуживание работающего водолаза на всех этапах водолазного спуска. Он обязан обеспечить установку водолазного трапа, спускового и ходового концов, других средств для выполнения работающим водолазом полученного задания, одевать водолаза, следя за правильностью подготовки и надевания отдельных узлов снаряжения, проверить снаряжение спускающегося водолаза на герметичность.

Обеспечивающий водолаз должен вытравливать или подбирать сигнальный конец (кабель-сигнал) и водолазный шланг, не выпуская из рук и не давая слабины. Он обязан наблюдать за местоположением водолаза под водой по выходу пузырьков воздуха на поверхность, с помощью телекамеры или другим способом, а в случае выхода из стоя разговорной связи осуществлять связь с водолазом условными сигналами с помощью сигнального конца (кабель-сигнала). Периодически (не реже 1 раза в 5 мин) в те-

чение всего времени спуска запрашивать самочувствие водолаза. Если работающий водолаз не ответил на дважды поданный ему сигнал, то обеспечивающий должен немедленно доложить об этом руководителю спуска. Если от водолаза получен аварийный сигнал, то необходимо немедленно начать его подъем и доложить об этом руководителю спуска. При экстренном спуске страхующего водолаза для оказания помощи аварийному водолазу обеспечивающий водолаз должен контролировать действия лица, обеспечивающего спуск страхующего водолаза. После выхода водолаза на поверхность обеспечивающий должен его раздевать.

Обеспечивающему водолазу запрещается отвлекаться от своих прямых обязанностей и передавать сигнальный конец (кабель-сигнал) другим лицам без разрешения руководителя водолазного спуска.

4.1.25. Страхующий водолаз подчиняется руководителю водолазного спуска и при необходимости осуществляет непосредственное оказание помощи аварийному водолазу. Страхующий водолаз должен знать приемы оказания помощи аварийному водолазу и действия под водой при нарушении нормальной работы водолазного снаряжения и средств обеспечения водолазных спусков. Он обязан провести рабочую проверку своего водолазного снаряжения с росписью в Журнале водолазных работ и докладом об этом руководителю спуска. Страхующий должен внимательно следить за соблюдением срока пребывания водолаза под водой с учетом времени действия дыхательного аппарата и через каждые 5 мин докладывать об этом руководителю спуска. Страхующий должен всегда быть готовым к экстренному спуску под воду и при получении аварийного сигнала от работающего водолаза по приказанию руководителя спуска спуститься под воду для оказания помощи аварийному водолазу. Он должен участвовать в одевании и раздевании водолаза, обмывании водой загрязненного снаряжения и при необходимости в его дезинфекции. В период спуска обеспечивает разговорную связь с работающим водолазом с момента начала спуска до выхода его из воды на водолазный трап (подъема на палубу водолазной беседки) и регулирует подачу ему воздуха.

4.1.26. Лица, привлекаемые для обслуживания водолазных спусков и не входящие в штат водолазных станций, должны иметь соответствующую подготовку и допуск, оформленный приказом администрации предприятия. Указанные лица допускаются к обеспечению каждого конкретного спуска после получения ими инструктажа на рабочем месте.

4.2. Основные меры безопасности при проведении водолазных спусков и работ

4.2.1. Водолазные спуски и работы разрешается проводить:

- при наличии утвержденной в установленном порядке эксплуатационной документации на все применяемые изделия водолазной техники;
- при полном укомплектовании водолазной станции водолажным снаряжением и оборудованием, находящимися в исправном состоянии, прошедшими установленные освидетельствования и техническое обслуживание;

- при наличии на водолазной станции полного штата водолазов и лиц обслуживающего персонала, допущенных к выполнению и обеспечению водолазных работ;

- при готовности водолазной станции к проведению водолазных работ.

4.2.2. При выполнении водолазных спусков и работ должны быть обеспечены:

- рациональная организация спусков и работ и их медицинское обеспечение;

- применение водолазной техники, отвечающей требованиям безопасности, характеру и технологии выполнения работ и глубинам погружения;

- соблюдение требований руководящих нормативных документов, регламентирующих требования безопасности труда водолазов.

4.2.3. В проектах организации работ или строительства должны быть предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности труда водолазов. В них должны быть учтены требования руководящих нормативных документов, регламентирующих требования безопасности труда водолазов, специфика и условия выполнения водолажных работ. При разработке технологических карт на проведение водолажных спусков и работ должны быть предусмотрены требования безопасности на каждый вид водолажных работ в зависимости от спуска и способа их производства.

4.2.4. Все применяемые изделия водолазной техники должны иметь соответствующую эксплуатационную документацию (руководство по эксплуатации, паспорт, при необходимости - формуляр), утвержденную разработчиком или согласованную с поставщиком изделия. Применяемая при водолажных спусках и работах импортная водолазная техника не должна противоречить требованиям действующей в Российской Федерации нормативно-технической документации и иметь инструкции по эксплуатации на русском языке. Запрещается использовать некомплектные, неисправные изделия водолазной техники, не прошедшие установленное техническое обслуживание, освидетельствование и сертификацию. Внедрение различных усовершенствований, рационализаторских предложений по водолазной технике и элементам снаряжения, относящимся к системам жизнеобеспечения, может производиться на основании соответствующих испытаний только организацией-разработчиком конкретного вида техники или снаряжения либо в инициативном порядке, либо на основании рационализаторских предложений представителей эксплуатационных организаций. Самостоятельная модернизация указанных изделий водолазной техники не допускается.

Глубина каждого спуска не должна превышать технических характеристик применяемого водолазного снаряжения.

4.2.5. Погружения под воду, связанные с выполнением производственных задач или задания администрации, должны проводиться только лицами, имеющими квалификацию водолаза. Водолазы должны выполнять только работы, оговоренные заданием. Запрещается загромождать рабочие места на водолажной станции. Не допускается присутствие на ней посторонних лиц.

4.2.6. Нормальными условиями водолазного спуска являются такие условия, когда спуск проводится на глубины до 12 м, в дневное время, при температуре воздуха выше 0 °С и атмосферном давлении больше 700 мм рт.ст., температуре воды от +12 до +25 °С, видимости под водой не менее 1 м, скорости течения не более 0,5 м/с, волнении моря не более 2 баллов, когда вода не заражена отравляющими веществами, не содержит нефтепродуктов и хозяйственно-бытовых отходов, а также когда работа выполняется на чистом грунте или открытой палубе затонувшего судна.

Запрещаются водолазные спуски и работы:

- в неисправном, непроверенном или некомплектном водолажном снаряжении, при отсутствии средств связи, без водолажного ножа, с использованием для дыхания воздуха, не прошедшего химического анализа в соответствии с установленными требованиями;
- в вентилируемом снаряжении при температуре воздуха ниже -30 °С, а в гидрокомбинезонах — ниже -20 °С. При отсутствии защитных приспособлений над майной запрещаются спуски при температуре воздуха ниже -10 °С и силе ветра 7 баллов (14 м/с), а также при температуре воздуха ниже -15 °С и силе ветра 5 баллов (8,5 м/с);
- на течениях свыше 2 м/с;
- с борта неустойчивых плавсредств (ял-2, байдарок, каноэ, шверботов, фоканов и им подобных);
- с судов, не имеющих надежной установки над местом работ способом, исключающим дрейф под влиянием течения, ветровой нагрузки и волнения водной поверхности;
- с борта судов и плавсредств (кроме специальных плавсредств), а также с береговых объектов при степени волнения моря более 2 баллов (при спасении людей допускаются спуски при волнении более 3 баллов с принятием дополнительных мер безопасности);
- под корпусом судна при минимальном расстоянии между грунтом и днищем судна менее 2 м по всей длине с учетом колебания судна на волнении;
- при удалении водолаза в вентилируемом снаряжении от спускового конца более чем на 20 м;
- с погружением в бензин и другие жидкости, интенсивно разрушающие водолазное снаряжение.

4.2.7. При спусках в водолажном снаряжении с замкнутой схемой дыхания с использованием изолирующих кислородных аппаратов и при проведении кислородной декомпрессии в барокамере применяется только медицинский кислород по ГОСТ 5583-78, в котором практически отсутствуют вредные газообразные вещества, а содержание азота не превышает 0,2 %. Каждый транспортный баллон должен иметь паспорт завода-изготовителя с результатами анализа. При работе с кислородом требуется выполнять правила противопожарной безопасности.

Для зарядки кислородом баллонов дыхательных аппаратов на плавсредстве должно быть выделено специальное помещение, температура в котором не превышает 35 °С. В помещении запрещается курение, разведение открытого огня, в нем не должны находиться горючее, жиры,

масла, промасленная ветошь и другие легковоспламеняющиеся вещества. В этом помещении разрешается хранить не более 4 баллонов с кислородом, которые должны быть закреплены хомутами в гнездах. В жаркую погоду баллоны, находящиеся на открытом месте, следует перенести в тень, накрыть чистым брезентом и, если требуется, периодически поливать водой. Запрещается хранение баллонов на расстоянии менее 3 м от печей, нагревательных приборов, электрических машин, трансформаторов и других подобных устройств. Баллоны необходимо оберегать от ударов и выполнять особые правила при перевозке и перемещениях. Кислородный дожимающий компрессор должен смазываться только водно-глицериновой смесью (50 % дистиллированной воды и 50 % химически чистого глицерина).

Перед началом работы с кислородом необходимо вымыть с мылом руки, обезжирить и протереть чистой ветошью рабочий инструмент. Запрещается касаться баллонов с кислородом промасленными рукавицами, грязной ветошью и замасленными руками. Перед наполнением баллонов дыхательных аппаратов кислородом вся соединительная арматура, а также редукторы должны быть продуты кислородом путем кратковременного открывания вентиля транспортного баллона. Вентили баллонов должны открываться плавно, без рывков и больших усилий. Запрещается присоединять трубопроводы и редукторы при открытом вентиле баллона. Запрещается пользоваться манометрами, на которых отсутствует надпись «Кислород» или «Маслоопасно». Остаточное давление в баллоне после расходования кислорода должно быть не менее 3 кгс/см². После использования баллона необходимо закрыть его вентили до конца, чтобы не выпустить остатки кислорода.

Наполненные кислородом баллоны дыхательных аппаратов должны храниться в хранилищах на стеллажах. Хранилища кислородных баллонов, кислородных дыхательных аппаратов и кислородных компрессоров должны оборудоваться вытяжной вентиляцией.

4.2.8. Погружение водолаза разрешается после того, как от администрации объекта работы (судна, гидротехнического сооружения или предприятия, производственная деятельность которого может повлиять на безопасное проведение водолазных работ) будет получено письменное подтверждение (разрешение или допуск) о том, что согласованные ранее мероприятия по обеспечению безопасности водолажных работ выполнены.

4.2.9. Водолазные работы по своему характеру подразделяются на аварийно-спасательные, судоподъемные, подводно-технические, судовые, спасательные, специальные, обследование и очистка дна акваторий.

При водолажных работах, представляющих повышенную опасность (взрывные, аварийно-спасательные, судоподъемные, подводно-технические, судовые и спасательные работы, обследование и очистка дна акваторий, работы в районе обитания опасных морских животных) или выполняющихся при скорости течения более 0,5 м/с, а также при расположении места спуска на высоте более 2 м от поверхности воды, на воде у места работы проведения работ должна находиться рабочая шлюпка (катер не менее чем с двумя гребцами и страхующим водолазом). В ос-

тальных случаях необходимость шлюпки устанавливает руководитель водолазных спусков. При спусках с борта специального водолазного судна опускается шлюпку (катер) держать в готовности к спуску.

4.2.10. Запрещается выполнение водолажных работ в охранной зоне подводных кабельных линий электропередачи, находящихся под напряжением. В местах, опасных в отношении поражения электрическим током, водолажные работы должны производиться только при полном снятии напряжения с действующих электроустановок и выполнении мер безопасности, указанных в специальном разрешении или допуске.

При спусках ночью или в условиях плохой видимости под водой должно применяться подводное и надводное искусственное освещение. Подводные светильники должны иметь напряжение не более 110 В, а на водолазном снаряжении - не более 12 В. В цепи питания напряжением более 12 В должно быть защитное устройство, автоматически снимающее напряжение при обрыве кабеля и в аварийных случаях утечки тока. На малых глубинах при работе ночью для освещения могут использоваться надводные прожекторы или люстры, подвешивать которые за электрический кабель запрещается.

При подводной сварке и резке металла для защиты глаз водолаза от вредного воздействия электрической дуги передний иллюминатор или смотровые стекла должны быть на 2/3 закрыты светофильтрами, требуется принять все меры, исключающие электротравму. При сообщении работающего водолаза о том, что он ощущает признаки прохождения электрического тока через его тело, необходимо немедленно отключить сварочный ток, поднять водолаза на поверхность и заменить поврежденную часть снаряжения.

4.2.11. Перед началом водолазных спусков и работ должны быть подготовлены водолазное снаряжение и средства обеспечения спусков и работ, сделана их рабочая проверка, проверено наличие сжатого воздуха в воздухохранилищах (баллонах), распределены обязанности между водолазами и лицами, обеспечивающими водолазные спуски, проведен их инструктаж. При спусках водолазов в вентилируемом снаряжении или в снаряжении с открытой схемой дыхания в шланговом варианте необходимо поддерживать неснижаемый запас воздуха в баллонах-хранилищах, обеспечивающий в случае неисправности компрессора выход водолаза из воды с соблюдением режима декомпрессии для глубины данного спуска и времени пребывания водолаза на глубине.

Необходимо определить местонахождение и степень готовности строящего водолаза (как правило, 2 мин, но в зависимости от конкретных условий спуска — от немедленной до 5 мин).

Перед спуском первого водолаза должны быть выставлены (подняты) сигналы (знаки, огни или флаги) в соответствии с действующими «Международными правилами предупреждения столкновения судов в море» (МППСС) или «Правилами плавания по внутренним судоходным путям», а при необходимости также другие информационные и указательные знаки для судоводителей в соответствии с действующими руководящими нормативными документами.

4.2.12. При спуске в любом виде водолазного снаряжения прыгать в воду запрещается. Опускать водолаза в любом типе водолазного снаряжения до поверхности воды в подвешенном состоянии на шланге, кабель-сигнале, сигнальном конце или каком-либо другом конце запрещается. Запрещается спуск и подъем водолаза по якорной цепи, грузовому канату или приспособлениям, поддерживающим трубопровод. Спуски водолазов с гидротехнических сооружений в условиях фильтрации воды должны проводиться в защитных устройствах, исключающих присос водолаза к месту фильтрации.

Для спусков водолазов должны устанавливаться водолазный трап или готовиться водолазная беседка, заводиться спусковой конец с балластом массой не менее 30 кг (при работах на течении - от 40 до 100 кг), необходимые рабочие концы (подкильный, ходовой, вспомогательный и т.п.). На плавсредствах или других объектах, где высота места спуска от поверхности воды водолаза в вентилируемом снаряжении превышает 2 м или в снаряжении с открытой схемой дыхания — 3 м, вместо трапа должна использоваться водолазная беседка.

При проведении спуска водолаза по спусковому концу на глубины более 12 м с последующей декомпрессией в воде рядом с водолажным трапом и спусковым концом должна быть установлена декомпрессионная беседка.

При спусках с использованием водолажной беседки установка водолазного трапа и декомпрессионной беседки не обязательна, но водолазный трап должен быть подготовлен к немедленной установке.

При спусках в плавательном варианте водолазного снаряжения заведение рабочих концов не обязательно, а вместо сигнального конца разрешается применение контрольного конца с буйком плавучестью не менее 5 кгс для указания места нахождения водолаза. Использовать в качестве буйка надувные средства запрещается. Длина контрольного конца должна превышать глубину плавания водолаза как минимум на 20 %. Плавание с контрольным концом разрешается в нормальных условиях на глубинах до 15 м и должно обеспечиваться шлюпкой с гребцами и страхующим водолазом. Как исключение, допускаются парные спуски в плавательном варианте водолазного снаряжения без сигнального и контрольного концов, если характер работ под водой не позволяет их использовать (работы в пещерах, на гидротехнических сооружениях, при парных спусках до 40 м и т.д.). Эти спуски выполняются при обязательном соблюдении следующих условий:

- один из водолазов выполняет обязанности страхующего водолаза;
- наличие аварийного запаса воздуха с независимыми дыхательными аппаратами, позволяющими водолазам самостоятельно вести декомпрессию;
- наличие беспроводной разговорной связи между водолазами и водолажным постом;
- обеспечение водолазов часами, глубиномерами, компасами, электрофонарями;
- применение в зависимости от условий, характера и вида работ, ходовых концов, контрольных буйков, выпускаемых через определенные промежутки времени, и т.д.

4.2.13. Водолазные работы на глубинах более 12 м, учебные и экспериментальные спуски независимо от глубины должны проводиться только при наличии готовой к немедленному применению водолазной барокамеры, находящейся у места спуска. При аварийно-спасательных, спасательных и других работах на глубинах до 20 м в случае отсутствия у места спуска барокамеры допускается подготовить ближайшую дежурную барокамеру и транспортное средство (автомашину, катер и т.п.) для доставки к ней водолаза, оснащенное транспортировочной (переносной) барокамерой с рабочим давлением не менее 7 кгс/см². Допускается использовать транспортное средство без транспортировочной барокамеры, если время доставки пострадавшего к дежурной барокамере не превышает 60 мин. Руководитель водолазного спуска должен иметь договоренность на проведение лечебной рекомпрессии пострадавшего с владельцем ближайшей дежурной барокамеры, находящейся в готовности, знать точный адрес, телефоны и маршруты следования к ней. Все действующие водолазные барокамеры, находящиеся в готовности в районе проведения водолазных работ, должны быть объявлены приказом администрации предприятия с точным указанием их местонахождения, графика их круглосуточного дежурства, средств связи и маршрутов доставки пострадавших водолазов.

4.2.14. Погружение водолаза разрешается после того, как от администрации объекта работы (судна, гидротехнического сооружения или предприятия, производственная деятельность которых может повлиять на безопасное проведение водолазных работ) будет получено письменное подтверждение (разрешение или допуск) о том, что согласованные ранее мероприятия по обеспечению безопасности водолазных работ выполнены.

При выполнении судовых водолазных работ и водолазных работ по оказанию помощи аварийному судну запрещается проворачивание гребных винтов, перекладка рулей, пользование оборудованием, выдвигающимся за пределы обшивки корпуса судна, открытие кингстонов в районе работ водолазов, выбиение или вытравливание якорных цепей, перешвартовка судна, швартовка к нему других судов без разрешения руководителя водолазного спуска, погрузка или выгрузка грузов с того борта, где работает водолаз, выбрасывание за борт мусора и других отходов, рыбная ловля.

О начале спусков должно быть объявлено по судовой радиотрансляции с записью об этом в вахтенном журнале. На посту управления главными двигателями, на машинных телеграфах и на механизмах управления забортными устройствами должны быть вывешены предупреждающие таблички с надписями: «Главные двигатели не пускать!», «Рули не переключать!», «Подруливающие устройства не включать!» и т.д.

4.2.15. Для предупреждения инфекционных и кожных заболеваний при спусках в загрязненную воду (сточные, фекальные воды) водолазы должны спускаться в снаряжении, полностью изолирующем его от окружающей водной среды. Спуски в гидрокостюмах «мокрого типа» запрещаются. Перед спуском в воду, опасную в эпидемиологическом отношении, необходимо установить у места спусков водолазов емкость с 0,5 %-ным раствором хлорамина для обмывания рук обслуживающим персоналом.

В нефть и нефтепродукты спуски разрешаются только в случае крайней необходимости (при ликвидации аварий) продолжительностью не более 1 ч в вентилируемом водолазном снаряжении или в специально предназначенном для этой цели водолазном снаряжении иного типа. Перед спуском в нефть и нефтепродукты водолазную рубашку необходимо обильно смочить пресной водой и нанести на поверхность рубашки слой жидкого мыла. Спуск должен проводиться только после очистки водной поверхности (например, струей сжатого воздуха или струей воды).

4.2.16. Водолаз, одетый в снаряжение с незащищенными кистями рук, при работе со стальными канатами, при осмотре или ремонте судов, гидротехнических сооружений, трубопроводов и т.п. должен надевать перчатки или рукавицы, соответствующие по защитным свойствам характеру выполняемой работы.

4.2.17. Необходимо спускать водолаза так, чтобы он сразу попадал как можно ближе к месту работы. При выполнении работ под водой не следует допускать излишней слабину шланга и сигнального конца (особенно при наличии течения), излишних передвижений водолаза, на которые затрачиваются значительные физические усилия.

4.2.18. Бросать водолазу предметы, независимо от их массы, запрещается. Инструмент и другие предметы для выполнения работ должны подаваться водолазу с поверхности в емкости или на канате. После обнаружения водолазом подаваемого инструмента дальнейшие его перемещения должны проводиться только по указаниям работающего водолаза. Легкие предметы массой не более 2 кг разрешается подавать водолазу по сигнальному концу. При работе водолаза под водой сила удара молотком, кувалдой и другим инструментом ослабляется вследствие сопротивления воды. Поэтому ударный инструмент водолаза должен быть изготовлен из материала с большим удельным весом, чтобы потеря веса в воде меньше сказывалась на весе инструмента под водой.

4.2.19. Правила проведения водолазных работ на течении, при отрицательных температурах наружного воздуха, со льда и подо льдом, со шлюпки, в районах обитания морских животных, в особых условиях, конкретных видов водолазных работ, а также меры безопасности при их выполнении изложены в действующих «Межотраслевых правилах по охране труда при проведении водолазных работ. Часть I. Правила водолазной службы» и в ведомственных руководящих документах.

4.2.20. В исключительных случаях при спасении людей могут допускаться вынужденные отступления от требований руководящих нормативных документов, регламентирующих требования безопасности труда водолазов. При этом должны быть приняты меры по обеспечению безопасности и сохранению здоровья водолазов и обеспечивающего персонала.

4.2.21. Работодатель обязан проводить мероприятия по оздоровлению условий труда водолазов, учитывая конкретные условия, и принимать все меры для предупреждения случаев аварий, заболеваемости и травматизма.

5. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ И ВОДОЛАЗОВ В МЕЖСПУСКОВОЙ ПЕРИОД

5.1. Цель и задачи медицинского обеспечения

5.1.1. Целью медицинского обеспечения водолазных спусков и водолазов в межспусковой период является проведение комплекса мероприятий, направленных на охрану здоровья водолазов, повышение производительности их труда и оказание медицинской помощи при специфических, неспецифических заболеваниях водолазов и травмах.

5.1.2. Основными задачами медицинского обеспечения водолазных спусков и водолазов в межспусковой период являются:

- медицинское обеспечение на всех этапах подготовки и проведения водолазных спусков под воду и в барокамере, а также выполняемых водолазами подводных работ;
- осуществление систематического медицинского контроля за состоянием здоровья водолазов, медицинское освидетельствование водолазов;
- проведение профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья водолазов и снижение вредного воздействия неблагоприятных для состояния здоровья производственных факторов, поддержание готовности водолазов к проведению спусков;
- контроль за соблюдением санитарно-гигиенических норм при проведении водолазных спусков, режимов труда, отдыха и питания;
- систематический контроль санитарно-гигиенического состояния водолазного снаряжения, средств обеспечения водолазных спусков, рабочих мест и мест размещения водолазов;
- санитарно-эпидемиологический контроль в районе выполнения водолазных работ;
- оказание медицинской помощи при специфических, неспецифических заболеваниях и травмах водолазов;
- статистический анализ общей и профессионально обусловленной заболеваемости водолазов;
- теоретическая подготовка водолазов по водолазной медицине и технике безопасности при выполнении водолазных спусков и работ, обучение практическим навыкам оказания первой помощи, проверка знаний.

5.2. Структура и организация медицинского обеспечения

5.2.1. В соответствии с «Межотраслевыми правилами по охране труда при проведении водолазных работ. Часть II. Медицинское обеспечение водолазов» общее руководство медицинским обеспечением водолазов во всех отраслях народного хозяйства осуществляет Министерство здравоохранения Российской Федерации через свои главные управления. Непосредственное руководство медицинским обеспечением водолазов в нашей стране осуществляет Главный водолазный врач Минздрава России.

5.2.2. Медицинское обеспечение водолазов на предприятиях (в организациях) проводят лечебно-профилактические учреждения (организации) с любой формой собственности*, имеющие лицензию на право медицинского обеспечения водолазов, выданную органами здравоохранения, и сертификат: центральные бассейновые, бассейновые, портовые и линейные больницы на водном транспорте, центральные и региональные медико-санитарные части некоторых министерств и ведомств и др. При расположении предприятий, выполняющих водолазные работы вне зоны обслуживания этих лечебно-профилактических учреждений, решением органов управления здравоохранением субъекта Федерации по запросу заинтересованных предприятий для медицинского обеспечения водолазов должно быть определено другое региональное учреждение, имеющее соответствующие лицензию и сертификат.

5.2.3. Медицинское обеспечение водолазов в лечебно-профилактическом учреждении по распоряжению главного врача (руководителя)** организует заместитель главного врача по организации медицинского обеспечения водолазных и подводных технических работ, а при его отсутствии в штате учреждения — заместитель главного врача по организационно-методической работе или водолазный врач водолазно-медицинского кабинета. При наличии в субъекте Федерации нескольких лечебно-профилактических учреждений, обслуживающих водолазов, решением регионального органа управления здравоохранением на заместителя главного врача одного из учреждений (как правило, центральной бассейновой больницы) возлагаются обязанности старшего водолазно-врача субъекта Федерации.

5.2.4. Лечебно-профилактические учреждения проводят медицинское обеспечение водолазов на основе контрактов с обслуживающими предприятиями. Контракты должны предусматривать доленое (пропорционально количеству водолазов) возмещение обслуживающими предприятиями всех расходов лечебно-профилактического учреждения на медицинское обеспечение водолазов (медицинское освидетельствование, содержание помещений здравпунктов, приобретение аппаратуры, инструментария, медикаментов, расходного материала, заработную плату медицинского и вспомогательного персонала здравпунктов, командировочные и транспортные расходы, оплата услуг предприятий связи и другие обоснованные расходы).

5.2.5. Для организации и руководства медицинским обеспечением водолазных спусков и водолазов при наличии на обслуживаемых предприятиях более 20 водолазных станций в лечебно-профилактическом учреждении создается водолазно-медицинский кабинет, в штат которого входит водолазный врач. Он является заместителем председателя водолазной клинικο-экспертной комиссии (ВКЭК), а в отдельных случаях - председателем этой комиссии.

*Далее — лечебно-профилактические учреждения.

**Далее — главный врач.

При наличии на обслуживаемых предприятиях менее 20 водолазных станций водолазно-медицинский кабинет может не создаваться, а выполнение обязанностей водолазного врача по организации и руководству медицинским обеспечением водолазных спусков и водолазов приказом главного врача регионального медицинского учреждения, осуществляющего медицинское обеспечение водолазов, возлагается на председателя ВКЭК или на одного из врачей лечебно-профилактического учреждения. Указанные лица должны пройти специализацию по специальности «профпатология» (в части, касающейся специфических и неспецифических заболеваний водолазов, а также других вопросов профпатологии водолазного труда).

5.2.6. Для медицинского обеспечения водолазных спусков и водолазов в межспусковой период непосредственно на предприятии или на месте выполнения водолазных работ по совместному решению предприятия и лечебно-профилактического учреждения могут организовываться водолазные врачебные и фельдшерские здравпункты.

5.2.7. Водолазный врачебный здравпункт создается на отдельном предприятии или для нескольких предприятий из расчета 1 здравпункт на 5—10 водолазных станций с учетом их территориальной удаленности друг от друга и глубин в местах выполнения водолазных работ.

Водолазный врачебный здравпункт должен развертываться также непосредственно на месте выполнения водолазных работ в случае проведения следующих видов водолазных спусков:

- учебных и экспериментальных;
- при аварийно-спасательных работах, связанных со спасением людей.

5.2.8. Водолазный фельдшерский здравпункт создается в подразделениях предприятия из расчета 1 здравпункт на 1—4 водолазные станции (одного или нескольких предприятий).

Водолазный фельдшерский здравпункт должен в обязательном порядке развертываться также непосредственно на месте выполнения водолазных работ независимо от количества водолазных станций в случае проведения следующих видов водолазных спусков:

- в случае проведения водолазных спусков в особых условиях:
 - а) погружение водолаза в агрессивные жидкости (нефть и нефтепродукты, хозяйственно-бытовые сточные воды);
 - б) погружение водолаза в растворы повышенной плотности, горные выработки шахт и туннели, жидкости с высокими и низкими температурами, узкие и стесненные места;
 - в) спуски в штормовых условиях;
- при спусках в опасную в эпидемиологическом отношении воду (согласно действующим санитарным нормам);
- при спасательных работах, связанных со спасением людей (в случае невозможности организации врачебного здравпункта).

5.2.9. Развертывание водолазного (фельдшерского) здравпункта непосредственно на месте выполнения водолазных работ означает работу водолазного врача (фельдшера) в указанном месте во время спуска с возможностью использования в необходимых случаях барокамеры.

5.2.10. Водолазные врачи и фельдшера водолазных врачебных и фельдшерских здравпунктов входят, как правило, в штат лечебно-профилактического учреждения и подчиняются его главному врачу. В отдельных случаях водолазные врачи и фельдшера могут находиться в штате предприятий, подчиняясь по специальным вопросам медицинского обеспечения водолазов главному врачу лечебно-профилактического учреждения или водолазному врачу водолазно-медицинского кабинета.

Кандидатуры принимаемых на работу водолазных врачей, фельдшеров и медицинских сестер спасательных станций и маневренно-поисковых групп администрация предприятия должна согласовывать с главным врачом лечебно-профилактического учреждения.

5.2.11. Медицинское обеспечение водолазов на судах и береговых объектах, имеющих зарегистрированные (штатные) водолазные станции, при отсутствии штатных или прикомандированных водолазных врачей (фельдшеров) должно проводиться врачами или фельдшерами судовых здравпунктов, получившими специальную подготовку по программе для водолазных врачей (фельдшеров).

Судовые врачи или фельдшера на судах, не имеющих штатных водолазных станций, должны осуществлять медицинское обеспечение судовых водолазных работ, а также работ, выполняемых аварийными партиями и личным составом судов с использованием изолирующих дыхательных аппаратов. Указанные врачи и фельдшера должны пройти подготовку по специальной сокращенной программе в медицинских учреждениях, имеющих подразделения по подводной (водолазной) медицине.

5.2.12. Водолазный врачебный (фельдшерский) здравпункт должен осуществлять:

- медицинское обеспечение водолазных спусков;
- медицинское обеспечение водолазов в межспусковой период;
- оказание медицинской помощи пострадавшим водолазам при появлении у них специфических, неспецифических или общесоматических заболеваний.

5.2.13. Объем медицинской помощи на водолажном врачебном здравпункте:

- первичная хирургическая обработка ран мягких тканей, вправление вывихов, проведение транспортной иммобилизации, остановка наружного кровотечения жгутом, тампонадой, перевязкой сосудов или наложением зажима на кровоточащий сосуд, катетеризация мочевого пузыря, трахеостомия или коникотомия, пункция плевральной полости, введение дренажа с клапаном при клапанном пневмотораксе, лечение ограниченных ожогов и отморожений I и II степеней, проведение операций по поводу панарициев, абсцессов и поверхностных флегмон;
- проведение мероприятий в объеме первой врачебной помощи при неотложных состояниях (острых отравлениях, приступах бронхиальной астмы, острой сердечной, сосудистой и дыхательной недостаточности, почечной и печеночной коликах, инфаркте миокарда и др.);
- оказание квалифицированной и специализированной помощи при специфических и неспецифических заболеваниях водолазов.

5.2.14. Объем медицинской помощи на водолазном фельдшерском здравпункте:

- временная остановка кровотечений с помощью жгута, давящей повязки, интенсивного сгибания конечности, иммобилизация с помощью шин при переломах и вывихах, наложение асептических повязок при ранах ожогах и отморожениях;
- проведение мероприятий в объеме доврачебной помощи при неотложных состояниях (острых отравлениях, приступах бронхиальной астмы, острой сердечной, сосудистой и дыхательной недостаточности, почечной и печеночной коликах и др.);
- оказание доврачебной помощи при специфических и неспецифических заболеваниях водолазов.

5.2.15. Для решения вопросов первичного и периодических освидетельствований водолазов и водолазных врачей (фельдшеров) с целью допуска по медицинским показаниям к исполнению служебных обязанностей создаются следующие водолазные клиничко-экспертные комиссии:

- Центральная водолазная клиничко-экспертная комиссия (ЦВКЭК);
- бассейновая (региональная) ВКЭК;
- ВКЭК медицинского учебного или научно-исследовательского учреждения.

5.2.16. ЦВКЭК Минздрава России создается приказом Министра здравоохранения Российской Федерации для проведения освидетельствования водолазов в наиболее сложных случаях, осуществления организационно-методического руководства бассейновыми (региональными) ВКЭК и проведения экспертиз по запросам лечебных учреждений и водолазов.

5.2.17. Бассейновые (региональные) ВКЭК создаются приказом главного врача лечебно-профилактического учреждения для проведения первичного медицинского освидетельствования кандидатов для обучения по водолажным и водолазно-медицинским специальностям, а также для периодических освидетельствований водолазов и обеспечивающего их медицинского персонала в регионе.

5.2.18. ВКЭК медицинского учебного заведения создается в учреждениях, имеющих специальные кафедры по подводной (водолазной) медицине для допуска кандидатов из числа медицинского персонала для обучения по специальности «водолазный врач» и «водолазный фельдшер», а также их аттестации для присвоения или подтверждения соответствующей специальности.

5.2.19. ВКЭК научно-исследовательского института создается с целью допуска испытуемых по данным медицинского освидетельствования, проведенного в лечебно-профилактическом учреждении, к участию в исследованиях по гипербарической физиологии и водолазной медицине, а медицинского персонала - к спускам в барокамере.

5.2.20. В состав ВКЭК включают председателя, его заместителя, врачей основных клинических специальностей (терапевта, хирурга, невропатолога, отоларинголога, офтальмолога, стоматолога, дерматолога, специалиста по функциональной диагностике). При необходи-

мости в состав ВКЭК вводятся на правах временных членов другие специалисты. В состав ВКЭК на правах члена включаются также старший (главный) водолазный специалист предприятия (организации), в котором выполняются водолазные работы, и водолазный врач, контингент водолазных станций которого проходит медицинское освидетельствование.

Председателем ВКЭК назначается заместитель главного врача больницы для организации медицинского обеспечения водолазных и подводных технических работ в регионе либо заместитель главного врача больницы по клинико-экспертной работе. Председатель ВКЭК должен иметь специальную подготовку по вопросам гипербарической физиологии и водолазной медицины.

5.2.21. ВКЭК в своей работе руководствуются приказом Минздрава России от 14 марта 1996 г. № 90 «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии» (см. приложение 3), действующей Инструкцией по медицинскому освидетельствованию водолазного состава, приказами и распоряжениями Минздрава России и Главного водолазного врача Минздрава России, а также указаниями ЦВКЭК.

5.2.22. Врачи-специалисты, входящие в состав ВКЭК, и врачи профпатологических лечебных учреждений, занятые экспертной диагностикой профзаболеваний, должны пройти подготовку на специализированных по подводной (водолазной) медицине кафедрах (курсах) высших медицинских учебных заведений.

5.2.23. Врачи-преподаватели медицинских дисциплин водолазных школ (курсов), осуществляющие подготовку и переподготовку водолазов всех категорий, должны пройти обучение по специальности «водолазный врач».

5.2.24. Водолазные врачи (фельдшера) для допуска к медицинскому обеспечению водолазных спусков должны пройти специализацию по специальности «профпатология» (водолазная) в медицинских учебных заведениях, имеющих специализированные по подводной (водолазной) медицине кафедры (курсы). Указанный медицинский персонал должен иметь соответствующие свидетельства и сертификаты. Водолазные врачи и фельдшера (кроме женщин) должны иметь, как правило, квалификацию «водолаз».

Врачи и фельдшера-женщины, прошедшие обучение в специализированных медицинских учреждениях по программе «водолазный врач (фельдшер)», могут допускаться к медицинскому обеспечению водолазов без права пребывания под повышенным давлением.

5.2.25. Водолазные врачи (фельдшера) должны ежегодно проходить ВКЭК на допуск по состоянию здоровья к спускам в барокамере под избыточным давлением до 10 кгс/см^2 (100 м вод.ст.) и сдавать зачет водолазной квалификационной комиссии (ВКК) предприятия на допуск к самостоятельному медицинскому обеспечению водолазных спусков.

Водолазные врачи допускаются к медицинскому обеспечению водолазных спусков во всех типах водолазного снаряжения, имеющегося

на обслуживаемом предприятии при выполнении всех видов водолазных работ на глубинах до 60 м, спусков в аварийных случаях на глубины до 80 м, тренировочных спусков водолазов и медицинского персонала в барокамерах под избыточным давлением до 10 кгс/см², а также к руководству лечебной рекомпрессией под давлением. Водолазные врачи, входящие в состав ВКК, ежегодно сдают зачет вышестоящей ВКК на допуск к медицинскому обеспечению.

Водолазные фельдшера допускаются к медицинскому обеспечению водолазов на глубины до 60 м (в аварийных случаях на глубины до 80 м) во всех типах водолазного снаряжения, имеющегося на обслуживаемом предприятии, кроме учебных и экспериментальных спусков, тренировочных спусков водолазов и медицинского персонала в барокамерах под избыточным давлением до 10 кгс/см², а также до прибытия водолазного врача — к руководству лечебной рекомпрессией.

5.2.26. Водолазный врач (фельдшер) должен знать организацию водолазных спусков, основные виды водолазного снаряжения и средства обеспечения спусков, особенности выполнения основных видов водолазных работ и детально - водолазное снаряжение, применяемое данным водолазным подразделением, характер проводимых им водолазных работ и технику безопасности при их выполнении.

При сдаче зачетов ВКК у водолазного врача (фельдшера) проверяются знания организационной, водолазной и медицинской документации, водолазной техники, применяемой на плавсредствах (береговых водолазных станциях) при водолазных спусках, вопросов профессиональной водолазной патологии и медицины, организации и методов медицинского обеспечения, а также правил техники безопасности при проведении спусков водолазов на глубины до 60 м (в аварийных случаях до 80 м) и в барокамерах под избыточным давлением до 10 кгс/см² (форма зачетного листа представлена в приложении 4).

5.2.27. Допуск водолазных врачей (фельдшеров) к самостоятельному медицинскому обеспечению водолазных спусков на глубины до 60 м (80 м), тренировочных спусков в барокамерах и проведению лечебной рекомпрессии под давлением до 10 кгс/см² в случае нахождения их в штате больницы ежегодно оформляется совместным приказом руководителя предприятия (организации, учреждения), в котором выполняются водолазные работы, и главного врача больницы, осуществляющей медицинское обеспечение водолазных работ, на основании положительного заключения ВКЭК о состоянии здоровья и положительного решения ВКК. Если водолазные врачи (фельдшера) находятся в штате водолазного подразделения, то допуск их к самостоятельному медицинскому обеспечению водолазных спусков оформляется приказом руководителя предприятия, в котором выполняются водолазные работы, на основании положительного заключения ВКЭК о состоянии здоровья и положительного решения ВКК.

5.2.28. Поддержание и повышение квалификации водолазных врачей (фельдшеров) проводится не реже одного раза в 5 лет в порядке, установленном Минздравом России для врачей-профпатологов.

5.2.29. Функциональные обязанности и права водолазного врача (фельдшера) изложены в «Положении о водолазном враче (фельдшере)» (приложение 5).

5.2.30. Местонахождение водолазного врача (фельдшера) в период выполнения водолазных работ выбирает сам водолазный врач (фельдшер) по согласованию с руководителем водолазных работ с учетом глубины спуска, сложности и объема выполняемых работ, тренированности водолазов и др. При выполнении водолазных работ водолазный врач (фельдшер) может находиться на предприятии (в учреждении) или в больнице. Во всех случаях дежурный врач больницы, оперативный дежурный предприятия (учреждения) и руководители водолазных спусков должны знать место нахождения водолазного врача (фельдшера) в любое время суток и средство связи с ним. В зависимости от состояния заболевшего (пострадавшего) водолаза водолазный врач (фельдшер) должен оказать консультативную помощь или выехать на место происшествия.

5.2.31. При недостаточном количестве медицинского персонала к медицинскому обеспечению водолазных спусков во всех типах имеющегося на предприятии водолазного снаряжения при выполнении всех видов водолазных работ, кроме оговоренных в пп. 5.2.7 и 5.2.8 случаев, допускаются руководители водолазных спусков (водолазные специалисты, водолазы 1-го и 2-го класса 1-й групп специализации водолазных работ) после их медицинской подготовки по специальной программе в специализированных по подводной (водолазной) медицине кафедрах (курсах) медицинских учебных заведений. Указанный водолазный состав должен иметь соответствующее свидетельство.

Водолазы 1-го и 2-го классов III группы специализации водолазных работ после такой же подготовки могут допускаться к медицинскому обеспечению водолазных спусков только при спасении людей.

5.2.32. Водолазные специалисты и водолазы 1-го класса всех групп специализации водолазных работ допускаются к медицинскому обеспечению водолазных спусков на глубины до 60 м и в барокамере под давлением до 10 кгс/см². Водолазы 2-го класса всех групп специализации допускаются к медицинскому обеспечению водолазных спусков на глубины до 45 м и в барокамере под давлением до 10 кгс/см².

В случае отсутствия на объекте водолазных работ водолазного врача (фельдшера) до их прибытия водолазные специалисты и водолазы 1-го и 2-го классов допускаются к руководству лечебной рекомпрессией.

5.2.33. Непосредственный контроль за соблюдением требований руководящих нормативных документов по безопасности водолазных спусков и работ на предприятии и судах осуществляют штатные водолазные специалисты и медицинский персонал, обеспечивающий водолазные работы. О всех замеченных неисправностях водолазной техники на водолазной станции (независимо от того, входит она в сферу обслуживания данного водолазного врачебного здравпункта или нет), а также о нарушениях требований руководящих документов по охране труда водолазный врач обязан немедленно сообщить старшине (бригадиру) водолазной станции

или руководителю водолазных работ, а во время водолазного спуска - руководителю водолазного спуска и дать предложения, направленные на повышение эффективности и безопасности водолазных работ.

Лица, осуществляющие контроль (водолазные специалисты и медицинский персонал, обеспечивающий водолазные спуски и работы), обязаны запрещать водолазные спуски и работы (при наличии недостатков, влияющих на безопасность водолазных спусков), временно отстранять водолазов от спусков до полного устранения обнаруженных недостатков, отступлений от руководящих нормативных документов, регламентирующих безопасность труда водолазов. Все замечания этих лиц должны записываться в Журнал водолазных работ с указанием сроков устранения обнаруженных недостатков. Результаты контроля должны доводиться до администрации предприятия или судна. Разрешение на проведение водолазных спусков и работ после устранения обнаруженных недостатков делается лицом, запретившим спуски и работы, или руководителем водолазных работ. Работодатель обязан по истечении сроков устранения вскрытых нарушений руководящих нормативных документов сообщить об их исполнении соответствующему органу надзора или контроля. Должностные лица, которые своими распоряжениями или действиями нарушили руководящие нормативные документы по безопасности труда водолазов или не приняли должных мер, обеспечивающих безопасность водолазных спусков и работ, несут дисциплинарную или иную установленную законом ответственность в зависимости от характера нарушений и их последствий.

В случае угрозы жизни или здоровью водолаза, находящегося под водой, или при ухудшении у него самочувствия водолазный врач (фельдшер) дает рекомендации руководителю спуска. При всех случаях невыполнения руководителем спуска рекомендаций лицо, осуществляющее медицинское обеспечение водолазов, обязано записать свои рекомендации в Протоколе водолазного спуска или в Журнале водолазных работ и доложить об этом руководителю водолазных работ.

5.2.34. На водолазной станции должна находиться водолазно-медицинская документация: действующие «Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ. Часть II. Медицинское обеспечение водолазов», Журнал медицинских опросов и осмотров водолазов (приложение 6), Журнал анализов воздуха, дыхательных газовых смесей, поглотительных и регенеративных веществ (приложение 7), Журнал протоколов водолазных спусков (приложение 8) и Личные медицинские книжки водолазов.

Для оказания медицинской помощи пострадавшему водолазу на водолазной станции должна находиться водолазная аптечка (приложение 9), а на врачебном (фельдшерском) здравпункте - набор водолазного врача в ящике-укладке (приложение 10), который водолазный врач (фельдшер) должен брать с собой для обеспечения водолазных спусков или при вызове для оказания помощи пострадавшему водолазу.

5.2.35. При специфических и неспецифических заболеваниях водолазов могут оказываться следующие виды медицинской помощи: пер-

вая медицинская, доврачебная, первая врачебная, квалифицированная и специализированная.

5.2.36. Первая медицинская помощь оказывается водолазным специалистом, водолазом 1-го или 2-го класса 1-й группы специализации, допущенным к медицинскому обеспечению водолазных спусков, непосредственно на месте возникновения заболевания и в период транспортировки пострадавшего к барокамере. Мероприятия по оказанию первой медицинской помощи сводятся к извлечению пострадавшего из воды, освобождению его от водолазного снаряжения, срочному помещению в барокамеру, восстановлению и поддержанию функций жизненно важных систем организма (проведение в случае необходимости искусственной вентиляции легких, непрямого массажа сердца и других неотложных мероприятий). При отсутствии на водолазной станции водолазного врача (фельдшера) лицо водолазного состава, осуществляющее медицинское обеспечение водолазных спусков, по показаниям приступает к проведению лечебной рекомпрессии с одновременным вызовом водолазного врача (фельдшера). При оказании первой медицинской помощи используется водолазная аптечка.

5.2.37. Доврачебная помощь пострадавшему водолазу оказывается фельдшером (водолазным фельдшером), а первая врачебная помощь - врачом любой специальности при отсутствии на месте спусков водолазного врача. Доврачебная и первая врачебная помощь может проводиться как в барокамере, так и на здравпункте после подъема водолаза из воды или окончания лечебной рекомпрессии. Врач (фельдшер) ставит предварительный диагноз и проводит мероприятия по оказанию первой врачебной (доврачебной) помощи, направленные на восстановление и поддержание функций жизненно важных систем организма. Для оказания помощи пострадавшему водолазу врач (фельдшер) пользуется набором водолазного врача в ящике-укладке. Врачу разрешается заменять лекарственные средства на их аналоги для оказания помощи при специфических, неспецифических заболеваниях водолазов и травмах, приведенных в пп. 8.2-8.19. Фельдшер может использовать инструменты, а также медикаменты, предназначенные для наружного, внутреннего применения, подкожного и внутримышечного введения.

5.2.38. Квалифицированная и специализированная помощь при специфических, неспецифических заболеваниях и травмах на месте выполнения водолазных работ оказывается водолазным врачом.

Квалифицированная медицинская помощь заключается в том, что водолазный врач ставит диагноз заболевания, определяет необходимость и возможность проведения лечебной рекомпрессии при специфических, неспецифических заболеваниях водолазов, комбинированных заболеваниях и травмах, организует проведение лечебной рекомпрессии или оказывает помощь при заболеваниях и травмах водолазов, не требующих проведения лечебной рекомпрессии.

Специализированная медицинская помощь, осуществляемая водолазным врачом, заключается в проведении лечебной рекомпрессии и оказании при необходимости помощи пострадавшему в барокамере при

специфических и неспецифических заболеваниях водолазов, требующих радикального метода лечения — лечебной рекомпрессии. Помощь в условиях барокамеры направлена на восстановление и поддержание функций жизненно важных систем организма, а также на ликвидацию основной причины патологического состояния путем проведения лечебной рекомпрессии, а также применения соответствующих лекарственных препаратов и физиотерапевтических процедур.

Квалифицированная и специализированная медицинская помощь водолазам оказывается также в лечебно-профилактических учреждениях врачами соответствующих специальностей при наличии остаточных явлений или осложнений специфических, неспецифических заболеваний водолазов и травм.

5.2.39. При появлении специфического или неспецифического заболевания водолаза (травмы, несчастного случая и др.) водолазный врач (фельдшер) здравпункта должен в срок до 12 ч с момента оказания водолазу медицинской помощи оформить учетную документацию или принять участие в ее оформлении. Правила заполнения и рассылки учетной документации, а также проведения расследования представлены в приложении 11.

5.2.40. Производственная обусловленность острого заболевания или полученной водолазом травмы определяется водолазным врачом и подтверждается региональной ВКЭК, а в сложных случаях решение принимается ЦВКЭК на основании представленных документов (выписки из Личной водолазной книжки, Личной медицинской книжки, Журнала водолазных работ или Журнала протоколов водолазных спусков и др.) или по результатам специального обследования заболевшего (пострадавшего) с целью уточнения диагноза, степени повреждения и установления связи заболевания с профессиональной деятельностью. Направление на ЦВКЭК оформляется региональной ВКЭК.

5.2.41. В случае выявления у водолазов или водолазных специалистов заболеваний, физических недостатков, функциональных отклонений и психологических особенностей, препятствующих выполнению водолазных работ, и вынесения экспертного заключения о негодности к водолажным работам они направляются на медико-социальную экспертизу (МСЭ). Направление на МСЭ проводится при наличии признаков стойкого ограничения жизнедеятельности и трудоспособности, а также потребности в социальной защите.

6. МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ

Медицинское обеспечение водолазных спусков включает в себя проведение мероприятий в периоды предварительной и окончательной подготовки к спуску, одевания водолаза, его погружения, пребывания и работы на фунте, подъема и декомпрессии, а также в последекомпрессионный период. В дни проведения водолазных спусков помимо их непосредственного обеспечения осуществляется медицинский контроль соблюдения режимов труда, отдыха и питания водолазов.

Водолазные спуски для проведения водолазных работ с применением для дыхания кислорода разрешается проводить до глубины 20 м, с использованием 40 %-ной кислородно-азотной смеси - до 40 м, а с применением сжатого воздуха - до 60 м. При проведении аварийно-спасательных работ, связанных со спасением людей, спуски водолазов на сжатом воздухе разрешается проводить на глубины до 80 м. К таким спускам допускаются наиболее опытные и тренированные к наркотическому действию азота водолазы, имеющие квалификацию не ниже водолаза 2-го класса I—II группы специализации водолазных работ. Спуски в барокамере с использованием для дыхания сжатого воздуха допускаются до давления 10 кгс/см² (100 м вод.ст.).

При дальнейшем описании мероприятий по медицинскому обеспечению водолазных спусков и водолазов в межспусковой период приводятся действия водолазного врача, которые распространяются также на водолазных фельдшеров и лиц водолазного состава, допущенных к медицинскому обеспечению, в пределах их компетенции.

6.1. Медицинское обеспечение водолазных спусков с использованием для дыхания сжатого воздуха

6.1.1. Медицинское обеспечение на этапе предварительной подготовки к водолажным спускам

6.1.1.1. Водолазные спуски с использованием для дыхания сжатого воздуха, как правило, проводятся с водолазной станции, укомплектованной вентилируемым водолажным снаряжением или снаряжением с открытой схемой дыхания.

Предварительная подготовка к спуску включает в себя время от момента получения указания на проведение водолазных работ до прибытия плавсредства или иного транспортного средства к месту работ.

6.1.1.2. На этапе предварительной подготовки водолазный врач должен выполнить следующее:

- проверить наличие на водолазной станции необходимой медицинской документации, представленной в п. 5.2.34;
- проверить наличие сжатого воздуха и его необходимого количества для проведения водолазных спусков и лечебной рекомпрессии в соответствии с ранее проведенными расчетами по методике, представлен-

ной в приложении 2, с учетом возможности пополнения запасов;

- проверить наличие и готовность к использованию экспресс-анализатора, кальциметра и газоанализатора для определения в воздухе кислорода и углекислого газа;

- проконтролировать качество сжатого воздуха на наличие вредных веществ в соответствии с приложением 13 (при отсутствии в фильтре кассеты для очистки от окиси углерода);

- при наличии в барокамере системы очистки газовой среды от углекислого газа произвести анализ ХП-И с помощью кальциметра (приложение 14);

- результаты анализов воздуха и ХП-И занести в Журнал анализов воздушных, дыхательных газовых смесей, поглотительных и регенеративных веществ (приложение 7);

- проверить численность водолазов на водолазной станции и их готовность к предстоящим спускам (проверить по записям в личных книжках водолазов и в личных медицинских книжках водолазов наличие допуска к спускам под воду по состоянию здоровья и установленной глубине погружения водолазов на данный год);

- совместно с руководителем спуска уточнить местонахождение дежурной барокамеры (при ее отсутствии на месте спуска) и готовность средств для транспортировки пострадавшего водолаза к месту нахождения барокамеры, а также наличие на средстве доставки пострадавшего кислородного ингалятора или дыхательного аппарата с запасом кислорода для оксигенотерапии в период транспортировки к барокамере;

- проверить укомплектованность водолазной аптечки (приложение 9) и набора водолазного врача в соответствии с приложением 10 (если медицинское обеспечение осуществляется водолажным врачом или фельдшером), пополнить их недостающими инструментами;

- известить главного врача лечебно-профилактического учреждения, осуществляющего медицинское обеспечение водолазов, о месте проведения водолазных спусков, глубине спусков и ориентировочных сроках проведения работ;

- получить эпидемиологическую характеристику акватории и побережья в зоне предстоящих водолазных работ и в случае наличия загрязнения воды дать рекомендации руководителю спуска о запрещении применения гидрокомбинезонов «мокрого» типа;

- ознакомиться с полученными данными об особенностях акватории, на которой должны проводиться спуски, с данными о приливах и отливах, течении, прогнозе погодных условий (температура, ветер, волнение моря, осадки), о прозрачности воды, движении судов и маломерного флота, подводных опасностях (характер грунта, подводные технические объекты, затонувшие суда, конструкции, рыболовные сети, подводные свалки, опасные морские животные, скопления водорослей и др.), высоте над уровнем моря высокогорных озер или водохранилищ и т.д.;

- принять участие в составлении проекта суточного плана водолазных спусков (приложение 15). При составлении суточного плана совместно с

руководителем спуска распределить обязанности между водолазами, исходя из состояния здоровья, уровня физического развития, опыта подводных работ и соблюдения режима труда и отдыха. Для проведения ответственных этапов работы и выполнения обязанностей страхующего водолаза предпочтение отдается наиболее опытным и физически развитым водолазам.

6.1.2. Медицинское обеспечение на этапе окончательной подготовки к водолазным спускам

6.1.2.1. Период окончательной подготовки к спуску включает в себя время от прибытия плавсредства или иного транспортного средства к месту работ до начала погружения водолаза под воду.

В период окончательной подготовки к водолазному спуску водолазный врач обязан:

- провести медицинский осмотр водолазов на допуск по состоянию здоровья к спуску под воду на заданную глубину;
- принять участие в инструктаже водолазов на рабочем месте;
- осуществлять контроль правильности проведения рабочей проверки водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков;
- контролировать ход одевания водолазов.

6.1.2.2. Допуск водолаза к спуску на глубины до 20 м осуществляется на основании опроса самочувствия. К спускам на глубины 21—60 м водолазы допускаются после проведения опроса самочувствия и регистрации данных медицинского осмотра (замера температуры тела в подмышечной области, подсчета частоты пульса и измерения артериального давления). Перед спуском для подводной очистки корпусов судов независимо от глубины погружения водолазы подвергаются медицинскому осмотру водолазным врачом или фельдшером. Результаты опроса или медицинского осмотра записываются в Журнал медицинских опросов и осмотров водолазов (приложение 6) и в Личную медицинскую книжку водолаза.

Водолазы не допускаются к спускам под воду в следующих случаях:

- при жалобах на недомогание, плохое самочувствие;
- при наличии объективных признаков утомления и болезненности (бледность кожных покровов, одышка, повышенная потливость, раздражительность или угнетенное состояние и т.п.);
- при температуре тела менее 36 °С или более 37 °С, частоте пульса менее 60 или более 80 ударов в 1 мин, при максимальном артериальном давлении менее 100 или более 140 мм рт.ст. и при минимальном артериальном давлении менее 50 или более 90 мм рт.ст.;
- при наличии объективных признаков простудных заболеваний (сильный насморк, кашель, повышенная температура тела и др.);
- при заболеваниях ЛОР-органов, наличии болей в области грудной клетки, брюшной полости, в суставах и др.;
- после перенесенного специфического водолазного или неспецифического заболевания до срока, определенного требованиями приложения 16, о чем должна быть сделана запись в Личной медицинской книжке водолаза;

- после бессонной ночи или неполноценного сна (менее 7—8 ч);
- при наличии признаков алкогольного опьянения и его последствий или после приема наркотиков;
- в течение 2 ч после приема пищи.

При допуске водолазов к спускам под воду необходимо учитывать также сроки сохранения уровня тренированности водолазов к работам на достигнутых глубинах и порядок допуска водолазов к работам на глубинах более достигнутых в соответствии с приложением 17.

В случае отстранения водолаза от спусков под воду по медицинским показаниям (высокая температура тела, боли в области сердца, в брюшной полости, простудные заболевания, заболевания ЛОР-органов и др.) он должен быть отправлен на лечение в лечебно-профилактическое учреждение, на которое возложено медицинское обеспечение водолазных спусков.

6.1.2.3. При проведении руководителем спуска инструктажа водолазов и обеспечивающего персонала водолазный врач дополнительно обращает внимание на необходимость соблюдения техники безопасности в целях предупреждения аварийных ситуаций, специфических и неспецифических заболеваний водолазов с учетом конкретных особенностей водолазных спусков и выполнения водолазных работ.

6.1.2.4. В процессе рабочей проверки водолазами снаряжения и средств обеспечения водолазных спусков водолазный врач и руководитель спуска обращают особое внимание на полноту проведения рабочей проверки и исправность водолазной техники, так как от этого в значительной степени зависит состояние здоровья и безопасность водолазов при выполнении подводных работ. С этой целью должен проводиться контроль хода рабочей проверки водолазами снаряжения и средств обеспечения водолазных спусков.

6.1.2.5. При рабочей проверке вентилируемого снаряжения водолаз должен убедиться в исправности шлема, манишки, водолазной рубахи, грузов, галوش, сигнального конца, водолазного ножа и телефонной станции.

При проверке шлема обращается внимание на его комплектность, отсутствие видимых повреждений, целостность иллюминаторных стекол, чистоту резьбы переднего иллюминатора и надежность удержания его в шлеме без наличия люфта, исправность резьбы болтов, крепление воздухонаправляющего щитка и микрофона, работу головного клапана 2- или 3-кратным нажатием на пуговку штока, исправность действия предохранительного клапана воздушного рожка путем нагнетания воздуха в штуцер воздушного ввода (воздух должен свободно проходить в шлем, а при отсасывании не должен поступать из шлема). В двенадцатиболтовом снаряжении должна быть проверена также исправность замка стопорного ба-
рашка шлема. Должна быть подобрана по росту водолазная рубаха.

Водолаз должен внешним осмотром проверить состояние прорезиненной ткани рубахи, рукавиц, резиновых манжет и фланцев, убедиться в отсутствии повреждений, потертостей и проколов. Кроме того, необходимо проконтролировать установку на рубахе травяще-предохранительных клапанов, исправность их действия (снять крышки, отрегу-

лизовать винтом прилегание резинового клапана, проверить целостность подушек клапанов и их крепление к корпусу), плотность их соединения и отсутствие следов окислов на металлических деталях.

Внешним осмотром проверить:

- состояние плечевых ремней и браса, петель, колец и ушек, убедиться в отсутствии потертостей и надрывов, обратить внимание на надежность заделки колец ушек, проверить прочность крепления грузов путем встряхивания;
- состояние галош и их креплений, обратив внимание на состояние крепления подошвы и носка, проверить прочность крепления галош путем встряхивания;
- состояние лезвия ножа и качество заточки, надежность его удержания в ножнах (нож не должен выпадать под действием собственной тяжести и в то же время легко выниматься из ножен);
- состояние ремня водолазного пояса и замков-пряжек, а также целостность креплений, проверить легкость и быстроту застегивания замков-пряжек. При внешнем осмотре сигнального конца убедиться в отсутствии узлов, сплетений, потертостей, надрывов пряжей, следов плесени и признаков гниения. Убедиться в отсутствии потертостей и повреждений кабель-сигнала;
- отсутствие повреждений наружной оболочки шлангов, обратить внимание на качество армирования (бензелей), проверить правильность укладки шлангов на барабанах, в бухтах или корзинах (отсутствие изгибов, заломов и закручиваний). Проверить герметичность шлангов внутренним испытательным давлением (указанным в эксплуатационной документации) в течение 5 мин.

Проверить комплектность, отсутствие повреждений и сухость водолазного шерстяного и мехового белья, комбинезона теплозащитной одежды и нательного белья к нему. Проверить надежность связи с руководителем спуска.

Перед одеванием снаряжения должны быть продезинфицированы внутренняя поверхность шлема (10 г спирта), фланец или ворот рубахи (10 г спирта). При необходимости следует протереть или промыть моющими средствами наружную поверхность комбинезона теплозащитной одежды. В случае проведения кислородной декомпрессии дезинфекции подвергается также полумаска декомпрессии (10 г спирта) или загубник аппарата декомпрессии (5 г спирта).

6.1.2.6. При рабочей проверке снаряжения с открытой схемой дыхания водолаз должен проверить комплектность аппарата, проверить внешним осмотром его состояние и состояние манометров (на аппаратах, где они установлены), проверить осмотром прочность закрепления баллонов, плечевого, поясного и брасового ремней на хомутах, при необходимости подогнать длину этих ремней. Необходимо измерить величину давления в баллонах (допускается иметь давление на 10 % меньше рабочего), проверить работу указателя минимального давления или включателя резервной подачи воздуха, проверить исправность работы дыхательного автомата (при пробном включении на 1—2 мин вдох и выдох долж-

ны производиться без затруднений), проверить исправность клапанной коробки, проверить прочность крепления трубок вдоха и выдоха к клапанной коробке, проверить герметичность системы низкого давления путем постепенного вдоха из аппарата при закрытом запорном вентиле баллонов. При наличии на водолазной станции ремонтно-контрольной установки РКУ-2 она используется для проверки функционирования дыхательного аппарата. После этого необходимо проверить герметичность аппарата с открытыми и закрытыми вентилями путем его погружения в воду (при этом не должно наблюдаться пузырьков воздуха).

Проверить комплектность гидрокombineзона (гидрокостюма), внешним осмотром проверить состояние ткани (материала) гидрокombineзона (гидрокостюма), жилета всплытия (компенсатора плавучести), шлема (маски), полумаски, манжет, рукавиц, заделочных ленточек и соединительных швов на отсутствие повреждений, потертостей или проколов, проверить исправность действия травяще-предохранительных клапанов. Проверить давление газа в баллонах (батареи баллонов) гидрокombineзона и убедиться в герметичности вентилях баллонов на гидрокombineзонах (если они имеются), проверить наличие и состояние резиновых прокладок, прижимных устройств полумасок, надежность крепления штуцеров, очков и маски на шлеме гидрокombineзона. Проверить комплектность маски и полумаски, внешним осмотром убедиться в отсутствии видимых повреждений резиновых частей, проверить надежность крепежных узлов, целостность стекол и надежность их удержания в корпусе маски, проверить исправность действия всех устройств, смонтированных в маску (ремней оголовья, узлов дыхательной аппаратуры и устройств обдува стекол, если они имеются), убедиться в плотности прилегания маски (полумаски) к лицу и надежности ее крепления. Убедиться в отсутствии видимых повреждений ластов, проверить состояние узлов крепления, произвести регулировку ремней крепления ластов на ногах водолаза. Проверить комплектность поясного ремня с грузами, внешним осмотром проверить состояние ремня, грузов и замков-пряжек на отсутствие надрывов на ремне, поломок замков-пряжек, а также надежность крепления грузов на ремне, проверить в действии работу замков-пряжек. Проверить комплектность приборов (подводные компас, глубиномер, часы), произвести внешний осмотр приборов, убедиться в исправности и отсутствии видимых повреждений, проверить состояние ремешков, при наличии загрязнения приборов снаружи корпусов протереть или промыть приборы чистой пресной водой и протереть. Проверки водолазного ножа, сигнального (контрольного) конца, водолазных шлангов для шланговых дыхательных аппаратов, белья и теплозащитной одежды проводятся в соответствии с требованиями п. 6.1.2.5. Проверяется надежность связи с руководителем спуска.

При рабочей проверке импортного водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания водолаз проверяет наличие баллонов и давление в них воздуха, проводит осмотр и регулировку ремней, осмотр шлем-маски (шлема), проверяет наличие и состояние смотрового стекла, прокладок, обтюлятора, ротоносовой маски и ее крепления. Проверяет

крепление металлических деталей к пластмассовому корпусу, герметичность обтюлятора, шлем-маски, связь, систему обогрева, состояние гидромбинезона, работу застежек. При использовании шлема проверяется состояние шейного зажима и эластичность шейного уплотнения.

Перед каждым включением в аппарат должны быть продезинфицированы загубник (5 г спирта), шлем с загубником или полумаской (20 г спирта), дыхательный автомат (40 г спирта), а при проведении кислородной декомпрессии - также полумаска декомпрессии (10 г спирта) или загубник аппарата декомпрессии (5 г спирта).

6.1.2.7. При проводимой водолазами или механиками рабочей проверке компрессора водолазный врач убеждается, что компрессор может поднять давление воздуха в баллонах до рабочего в соответствии с нормой, установленной для данной системы, фильтры очистки сжатого воздуха от вредных веществ и паров масла исправны, своевременно заменена их шихта и проведена продувка и что при работе компрессора в его всасывающий патрубок не попадают дым или выхлопные газы от двигателей внутреннего сгорания.

В случае использования водолазной помпы внешним осмотром убеждаются в надежности ее установки, крепления маховиков-рукояток, наличии заземления электропомпы и целостности изоляции кабеля питания, а затем проводятся контрольные проверки ее функционирования. После проведения операций контроля и подготовки к работе проверяется герметичность помпы путем создания в ней давления (падение давления по манометру в течение 1 мин не должно превышать $0,2 \text{ кгс/см}^2$).

В ходе проверки системы воздухообеспечения необходимо проконтролировать давление в баллонах со сжатым воздухом, которые должны быть заряжены до давления не менее 90 % от рабочего. Герметичность магистралей и клапанов на магистралях и барокамере проверяется под давлением путем подачи в них воздуха и выдержки в течение 5 мин при закрытых клапанах баллонов и барокамеры. Магистрали и клапаны считаются герметичными, если падение давления за это время не происходит.

При медицинском контроле проведения рабочей проверки барокамеры (один раз в смену перед спуском первого водолаза или первой пары водолазов) необходимо проверить ее комплектность, наружным и внутренним осмотром убедиться в отсутствии посторонних предметов и в должном санитарном состоянии барокамеры (чистота, отсутствие мусора, грязи). Проверить внешним осмотром исправность иллюминаторов, контрольно-измерительных приборов и арматуры. Проверить клапаны путем одно- или двукратного открытия (закрытия), при необходимости расхитить клапаны. Проверить герметичность крышек люков при давлении в барокамере 2 м вод.ст. без использования прижимных устройств с одновременной проверкой подачи, выпуска и перепуска воздуха из отсека в отсек или в предкамеру. Проверить осмотром качество уплотнительных прокладок к крышкам люков, поверхность прокладок покрыть тальком, а при обнаружении повреждений прокладок заменить их. Проверить чистоту резьбы и наличие смазки откидных болтов. Проверить исправность телефонной связи, целостность электрических кабелей, качество заземления, работу электроос-

вещения, а также системы отопления путем кратковременного включения. Проверить в действии ручной привод предохранительного клапана. В барокамере должно находиться имущество согласно описи (постельные принадлежности, питьевая вода, ведро для сбора мусора и пищевых отходов). Снаружи камеры должна находиться водолазная аптечка. Должна быть проверена исправность манометров (положение стрелки, срок годности, наличие пломбы). При наличии в барокамере системы очистки газовой среды от углекислого газа требуется проконтролировать зарядку патронов свежим ХП-И (содержание CO_2 должно быть не более 20 л/кг) и работу автоматических газоанализаторов по контрольным газовым смесям. Использование водолазных барокамер, у которых истек срок очередного освидетельствования, запрещается.

6.1.2.8. Данные рабочей проверки заносятся в Журнал водолазных работ. Дальнейшие мероприятия, связанные с подготовкой и проведением спуска, водолазный врач (фельдшер) продолжает фиксировать в Журнале протоколов (приложение 8). При медицинском обеспечении водолазных спусков лицом водолазной специальности временные показатели спуска (начало спуска, время пребывания на глубине, конец спуска и общее время спуска) записываются в Журнал водолазных работ, а Журнал протоколов может вестись только в случае возникновения аварийной ситуации, появления специфического или неспецифического заболевания водолаза.

6.1.2.9. Перед проведением спусков в воду, опасную в эпидемиологическом отношении, водолазный врач должен приготовить для установки у места спусков емкость с 0,5 %-ным раствором хлорамина для обмывания рук обслуживающим персоналом.

6.1.2.10. Медицинский контроль при одевании водолаза заключается в контроле порядка и правильности одевания.

Разрешение на одевание водолаза дается руководителем спуска после докладов о положительных результатах рабочей проверки водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков. Одевание водолазов производится непосредственно у места спуска на подготовленной для этого площадке или в помещении. В теплое время года одевание водолазов обычно производится под тентом, а в холодное время — в отапливаемом помещении. Порядок одевания водолаза зависит от вида применяемого снаряжения и должен соответствовать инструкции по его эксплуатации. Однако во всех случаях после надевания водолазной рубахи или гидрокombineзона (гидрокостюма) до надевания других частей снаряжения на талии водолаза должен быть закреплен сигнальный конец или кабель-сигнал, обычно на водолазном поясе.

При одевании водолаза, спускающегося в вентилируемом снаряжении, в холодное время года водолазную рубаху следует надевать в помещении или укрытии, а тяжелые части снаряжения — у места спуска. Вначале водолаз поверх нательного белья должен надеть комплект шерстяного водолазного белья. При температуре воздуха 0°C и ниже или температуре воды ниже $+6^\circ\text{C}$ водолаз должен надевать 2 комплекта шерстяного водолазного белья и при необходимости меховые носки или

чулки. При этом обращается внимание на то, чтобы одежда была свободной и не вызывала местного давления на тело за счет складок или пережатия сосудов, приводящих к нарушению кровообращения конечностей. Поверх водолазного белья надевается водолазная рубаша. После этого на талию водолаза надевается пояс и к нему крепится сигнальный конец (кабель-сигнал). Вместо пояса возможно применение водолазной подвесной системы. Затем надеваются галоши, манишка, грузы с плечевыми ремнями, закрепляется нижний брас, прикрепляется водолазный нож, надевается водолазный шлем. К кольцу переднего груза подвешиваются водолазный шланг и сигнальный конец (кабель-сигнал). При надевании манишки не допускается неплотное прилегание к ней фланца водолазной рубашки. Натяжение плечевых ремней и нижнего браса регулируется по указанию водолаза. Сильное натяжение будет стеснять движения водолаза, а слабое натяжение может привести к приподниманию шлема над головой и затруднению пользования головным травящим клапаном, что создаст опасность всплытия водолаза. При закреплении водолазного шлема трехболтового снаряжения необходимо следить за равномерным зажимом фланца рубашки и резиновой прокладки, а при надевании шлема двенадцатиболтового снаряжения — за правильной его посадкой на манишку. По окончании одевания водолаза в шлем подают воздух и ввинчивают ручную передний иллюминатор, предварительно смоченный водой. Завинчивание переднего иллюминатора на шлеме водолаза, находящегося непосредственно на водолазном трапе, допускается только при волнении водной поверхности не более 2 баллов и при страховке водолаза натянутым сигнальным концом (кабель-сигналом). Перед надеванием котелка шлема двенадцатиболтового снаряжения в шлем подается воздух, продувается система и регулируется подача воздуха. Котелок шлема двенадцатиболтового снаряжения закрепляется на манишке поворотом его по часовой стрелке и стопорится. В снаряжении вентилируемого типа, где отсутствует манишка, соединение шлема с рубашкой осуществляется с помощью уплотнительного кольца. В процессе одевания водолазный врач контролирует самочувствие водолаза путем периодического опроса, не допуская перегревания или переохлаждения водолаза.

При одевании снаряжения с открытой схемой дыхания водолазный врач наблюдает за порядком одевания водолазом водолазного белья, гидрокостюма или гидрокombineзона, сигнального конца, ластов или бот, грузового ремня, дыхательного аппарата, маски или полумаски с оголовьем и водолазного ножа, а также за правильностью переключения водолаза на дыхание из аппарата. Перед погружением под воду спускающийся водолаз должен полностью открыть ventиль основной подачи воздуха из баллонов, включиться в аппарат на 1—2 мин для проверки подачи воздуха дыхательным автоматом и органолептического контроля качества воздуха. Обеспечивающий водолаз должен проверить положение запорного ventиля и включателя резервной подачи воздуха.

При использовании импортного водолазного снаряжения водолаз должен надеть на голое тело полный комплект теплозащитной одежды

и гидрокомбинезон, сигнальный конец, баллоны, заряженные воздухом до рабочего давления, ласты, грузовой ремень, водолазный нож, шлем-маску или шлем. Обеспечивающий водолаз присоединяет шланг аварийного газоснабжения (от редуктора) к маске, шланг подачи воздуха от щита к маске, подает воздух на щит дыхания, устанавливает подпор 10 кгс/см². Водолаз проверяет работу легочного автомата и обдувает стекла шлем-маски (водолазного шлема).

6.1.3. Медицинское обеспечение при погружении водолаза под воду

6.1.3.1. По окончании одевания водолаза в водолазное снаряжение любого типа и доклада обеспечивающего водолаза руководителю спуска (если эти обязанности не выполняются одним лицом) о готовности к спуску спускающегося водолаза руководитель спуска дает разрешение на погружение. Обеспечивающий водолаз легким ударом руки по шлему или с помощью телефонной связи дает команду водолазу о начале спуска.

6.1.3.2. В период погружения водолаза, спускающегося под воду в вентилируемом водолажном снаряжении или в снаряжении с открытой схемой дыхания, водолазный врач контролирует проверку снаряжения на герметичность, убеждается в нормальной подаче воздуха, исправности телефонной связи, нормальной плавучести снаряжения в плавательном варианте и контролирует скорость спуска.

6.1.3.2. Водолаз должен спускаться по водолазному трапу или на водолазной беседке. Когда шлем (шлем-маска) водолаза полностью скроется под водой, он должен, не сходя с трапа (беседки), убедиться в нормальной подаче воздуха, плавучести снаряжения и исправности телефонной связи. Дальнейшее погружение водолаза возможно только после того, как обеспечивающий водолаз убедится в герметичности водолазного снаряжения. При этом водолаз в вентилируемом снаряжении не должен травить воздух через головной травящий клапан, а в снаряжении с открытой схемой дыхания должен задержать дыхание. Негерметичность снаряжения обнаруживают по пузырькам воздуха, выходящим в местах неплотных соединений или разрывов. При негерметичности снаряжения водолаза поднимают на трап и устраняют неплотности. Если их устранить невозможно, то водолаза поднимают на палубу и раздевают. В случае погружения водолаза для плавания в снаряжении с открытой схемой дыхания одновременно с проверкой на герметичность производится регулировка плавучести водолаза, которая должна быть близкой к нулю. Водолаз, удерживаясь рукой за трап, спусковой конец или водолазную беседку, принимает горизонтальное положение и, задерживая дыхание на вдохе и на выдохе, контролирует свое положение. При необходимости он изменяет количество грузов на грузовом ремне до тех пор, пока его тело не займет положение, близкое к нейтральному.

6.1.3.3. Скорость спуска до 10 м для малотренированных водолазов не должна превышать 5 м/мин, а для тренированных — 10 м/мин. На глубинах более 10 м скорость спуска водолазов может составлять 10 и

20 м/мин соответственно. Скорость спуска водолаз регулирует в зависимости от выравнивания давления в воздухоносных полостях, подачи воздуха, объема воздуха в скафандре и по командам с поверхности. При использовании водолазного снаряжения в шланговом варианте подачу воздуха во время спуска увеличивают. Для погружения водолаза наиболее благоприятные условия создаются при небольшой отрицательной плавучести (0,5—1 кг).

6.1.3.4. Если при погружении под воду водолаз заявил, что у него появилось чувство давления в ушах или придаточных пазухах носа, то водолазный врач рекомендует водолазу прекратить спуск, приподняться по спусковому концу на 1—2 м (или приподнять водолазную беседку с водолазом) и сделать несколько глотательных, зевательных движений или напрячь передние мышцы шеи, чтобы раскрыть устья евстахиевых труб. В вентилируемом снаряжении можно сделать попытку продуться, прижав нос к поверхности шлема.

При наличии у водолаза во время спуска жалоб на затруднение дыхания ему дается команда остановить спуск и провентилировать скафандр. Если эти меры не улучшают самочувствие водолаза, то его следует поднять на поверхность. Если во время погружения водолаз почувствует недостаточное поступление воздуха и обжатие грудной клетки, то он должен остановить спуск и потребовать увеличить подпор воздуха. После восстановления нормальной подачи воздуха спуск может быть продолжен. Если болевые ощущения повторяются и усиливаются при дальнейшем спуске, то водолазу необходимо выйти на поверхность.

В снаряжении с открытой схемой дыхания продувание возможно при прижатии рукой крыльев носа или при использовании специальных приспособлений в некоторых образцах снаряжения. Для предупреждения присасывающего действия маски (обжима лица) водолаз периодически должен производить короткие выдохи носом в подмасочное пространство.

6.1.3.5. Медицинское обеспечение погружения водолаза в импортном водолазном снаряжении практически не имеет отличий от такового при использовании отечественных образцов.

6.1.4. Медицинское обеспечение при пребывании под водой водолаза в вентилируемом снаряжении

6.1.4.1. В период пребывания под водой и работы водолаза в вентилируемом снаряжении водолазный врач контролирует подпор подаваемого воздуха, следит за временем фактического пребывания водолаза под водой, контролирует запрос по телефону о самочувствии водолаза через каждые 5 мин, контролирует частоту дыхания, слышимого по телефону. В случае появления у водолаза одышки (частое дыхание, сообщение водолаза о чувстве нехватки воздуха на вдох, о запотевании стекла иллюминатора) водолаз дается команда: «Прекратить работу, провентилироваться!». Если эти мероприятия не улучшают самочувствие водолаза, его поднимают на поверхность с соблюдением при необходимости режима декомпрессии. Периодически водолаза запрашивают о теплоощущениях. В случае пере-

охлаждения или перегреваания дается рекомендация о подъеме водолаза с соблюдением режима декомпрессии, если это необходимо.

6.1.4.2. Водолазный врач контролирует выполнение обязанностей обеспечивающим водолазом, который через сигнальный конец, несмотря на наличие телефонной связи, должен постоянно находиться на связи с работающим водолазом, постоянно «чувствовать» каждое его движение.

6.1.4.3. При спуске водолаза в вентилируемом снаряжении водолазный врач контролирует неснижаемый запас водолазного воздуха в баллонах-хранилищах, обеспечивающий в случае неисправности компрессора выход водолаза из воды и проведение декомпрессии с учетом глубины спуска и времени пребывания водолаза на грунте.

При применении водолазной помпы для подачи воздуха водолазу врач должен контролировать требуемое число качалычиков в соответствии с п. 4.1.14, исходя из глубины спуска, и производительность их работы.

6.1.4.4. В период погружения водолаза, пребывания его на грунте и при подъеме водолазный врач контролирует объем воздуха, подаваемого в скафандр. Подача воздуха водолазу в вентилируемом снаряжении от компрессоров через систему воздухоснабжения, от транспортных баллонов через редуктор или от водолазной помпы на всех этапах водолазного спуска должна обеспечивать давление в водолазном шланге, равное давлению на глубине погружения с учетом величины подпора, и объемный расход воздуха в пределах 80—120 л/мин на каждый 1 кгс/см² подаваемого воздуха.

Особое внимание контролю давления подаваемого водолазу воздуха должно уделяться в зимнее время при отрицательных температурах воздуха, когда имеется опасность образования ледяных пробок в шланговых соединениях. Строгий контроль подачи сжатого воздуха в скафандр водолаза в период спуска, пребывания на грунте и при подъеме на поверхность (в том числе расчетным методом, представленным в п. 3.3 приложения 2) имеет большое значение не только для профилактики отравления углекислым газом и обжима водолаза, но и для предупреждения опасного по своим последствиям быстрого всплытия (выбрасывания) его с глубины на поверхность.

Выбрасывание водолаза на поверхность опасно тем, что у водолаза может возникнуть декомпрессионная болезнь в тяжелой форме, баротравма легких (при задержке дыхания в момент всплытия), утопление вследствие разрыва фланца водолазной рубахи или обжим при падении водолаза на грунт после избыточного стравливания воздуха из скафандра на поверхности воды. Декомпрессионная болезнь при быстром всплытии на поверхность возникает вследствие происходящего при этом грубого нарушения режима декомпрессии. Чем больше глубина спуска и дольше период пребывания водолаза на грунте, тем выше вероятность развития у него декомпрессионного заболевания в тяжелой форме. Для предупреждения разрыва фланца водолазной рубахи и последующего утопления водолаза после его сообщения о выбрасывании необходимо немедленно прекратить ему подачу воздуха в скафандр и одновременно быстро выбирать из воды сигнальный конец и водо-

лазный шланг. При этом в случае разрыва фланца рубахи водолаз не утонет, так как его падение на грунт будет задержано сигнальным концом или водолазным шлангом.

6.1.4.5. Если всплывший на поверхность водолаз находился на грунте более сроков, по которым возможен безостановочный подъем на поверхность, то он нуждается в проведении декомпрессии. При хорошем самочувствии водолаза, наличии у него исправного снаряжения, при небольшой глубине спуска (до 20—30 м) водолазный врач рекомендует руководителю спуска сделать водолазу быстрый повторный спуск по спусковому концу или в водолазной беседке до грунта с пребыванием на грунте до 10 мин и последующим подъемом на поверхность по режиму, при котором за экспозицию на грунте принимается время от начала первоначального спуска водолаза на грунт до подъема его с грунта после повторного спуска.

6.1.4.6. В случае выбрасывания водолаза после пребывания на глубинах более 20—30 м или продолжительной работы на фунте даже при отсутствии у водолаза симптомов декомпрессионной болезни водолазный врач должен рекомендовать быстро поднять водолаза на палубу и поместить в барокамеру под давление, равное давлению воды на грунте, выдержать 10 мин, после чего провести декомпрессию по режиму, при котором за экспозицию на грунте принимается время от начала спуска водолаза на фунт до начала декомпрессии его в барокамере. Если после всплытия водолаза или бездекомпрессионного подъема на поверхность у водолаза появились признаки декомпрессионной болезни, то его помещают в барокамеру вместе с одним из опытных водолазов и проводят лечебную рекомпрессию с учетом тяжести заболевания (см. п. 8.2.6).

6.1.4.7. В случае прекращения подачи воздуха в скафандр вследствие разрыва шланга, его пережатия или закупорки ледяной пробкой в скафандре будет быстро создаваться высокая концентрация углекислого газа, которая у водолаза может вызвать отравление.

Если возникшее нарушение подачи воздуха в скафандр не удалось ликвидировать в ближайшие 2—3 мин, то в любом случае водолаза необходимо немедленно поднять на поверхность, быстро раздеть, поместить в барокамеру под давление, соответствующее глубине спуска, выдержать 10 мин и провести декомпрессию по режиму, выбранному в соответствии с рекомендациями п. 6.1.4.6. Если в процессе раздевания или нахождения в барокамере у водолаза развились симптомы декомпрессионной болезни, ему проводят лечебную рекомпрессию по соответствующему лечебному режиму (см. п. 8.2.6).

6.1.4.8. При спусках на глубины 50–60 м (а у наиболее чувствительных водолазов и на меньших глубинах) могут проявиться симптомы начального наркотического действия азота, содержащегося в сжатом воздухе. Проявления наркотического действия азота усиливаются при повышенной концентрации в воздухе скафандра углекислого газа, накопившегося вследствие выполнения водолазом тяжелой работы или плохой вентиляции скафандра. Наличие в воздухе примеси выхлопных газов также существенно понижает устойчивость организма к наркотическому действию азота. При появлении у водолаза признаков наркотического дей-

ствия азота ему необходимо рекомендовать прекратить работу и хорошо провентилировать скафандр. Если эти меры не улучшают состояние водолаза, то водолазный врач рекомендует руководителю спуска начать его подъем на поверхность с соблюдением соответствующего режима декомпрессии. К концу пребывания водолаза на фунте водолазный врач выбирает режим декомпрессии (приложение 22) с учетом глубины спуска, времени пребывания водолаза на фунте и условий его работы под водой.

6.1.4.9. В случае получения от водолаза сигнала «тревога», а также при отсутствии ответа на дважды подряд переданный запрос о самочувствии обеспечивающий водолаз должен сообщить об этом руководителю спуска и водолазному врачу, после чего по команде руководителя спуска должен быть начат немедленный подъем пострадавшего с соблюдением мер безопасности.

6.1.4.10. При появлении у водолаза в период пребывания под водой, в барокамере или после окончания декомпрессии специфических, неспецифических заболеваний или травм водолазный врач (фельдшер) действует в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе 8 и в приложении 18.

6.7.5. Медицинское обеспечение при пребывании под водой водолаза в снаряжении с открытой схемой дыхания

6.1.5.1. Во время работы под водой водолаза в снаряжении с открытой схемой дыхания водолазный врач должен следить за характером и ритмом дыхания водолаза по телефону и по пузырям воздуха, выходящим из воды. Частое и шумное дыхание свидетельствует об одышке, которая возникает при выполнении тяжелой работы. В этом случае необходимо запросить самочувствие водолаза и дать ему команду о прекращении работы и отдыхе. После восстановления нормального ритма дыхания водолазу дается разрешение на продолжение работы.

6.1.5.2. Водолазный врач осуществляет контроль времени дыхания в аппарате с момента включения в него на дыхание, времени пребывания на фунте и запрашивает водолаза о положении штока указателя минимального давления или о показаниях другого сигнализатора минимального давления, контролирует готовность страхующего водолаза к немедленному спуску под воду в случае необходимости. При использовании водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания в автономном варианте допустимое время работы водолаза под водой выбирается водолазным врачом в соответствии с п. 3.4 приложения 2 с таким расчетом, чтобы насыщение организма водолаза азотом не превышало критической величины и позволило проводить безостановочный выход на поверхность со скоростью 8-10 м/мин. Пребывание водолаза под водой допускается только до срабатывания указателя минимального давления или другого устройства, предупреждающего водолаза о полном расходовании рабочего запаса воздуха в баллонах дыхательного аппарата. После включения резервной подачи воздуха водолаз должен сообщить об этом на поверхность и немедленно начать подъем.

6.1.5.3. При использовании снаряжения с открытой схемой дыхания в шланговом варианте водолазный врач контролирует величину подпора воздуха, установленного на палубном редукторе, в зависимости от глубины спуска, а также давление в баллонах газохранилища. Давление в шланге должно соответствовать величине, указанной в эксплуатационной документации для данного снаряжения. При отсутствии подачи воздуха по шлангу водолаз должен немедленно прекратить работу и открыть вентиль резервной подачи воздуха из баллонов аппарата и начать подъем на поверхность.

6.1.5.4. В случае, если условия спуска требовали проведения декомпрессии, после подъема водолаза на поверхность его помещают в барокамеру, создают в ней давление, равное давлению воды на грунте, выдерживают под этим давлением 10 мин, после чего проводят декомпрессию по удлинённому режиму. В случае возникновения у водолаза симптомов декомпрессионной болезни проводится лечебная рекомпрессия с учетом тяжести заболевания (см. п. 8.2.6).

6.1.5.5. При вынужденном всплытии водолаза в аварийных ситуациях (отказ в работе и повреждение отдельных узлов снаряжения, полный расход запасов воздуха в баллонах, отравление выхлопными газами и т.п.) водолаз не должен задерживать дыхание. По возможности ему необходимо производить свободное дыхание или только выдох. В случае, если с учетом глубины погружения и времени пребывания на грунте требовалось проведение ступенчатой декомпрессии, водолаза необходимо быстро поместить в барокамеру и действовать в соответствии с рекомендациями п. 6.1.4.6.

6.1.5.6. Медицинский контроль самочувствия водолазов в период нахождения под водой и выполнения работ при использовании импортного водолазного снаряжения практически не отличается от медицинского контроля при использовании отечественных образцов.

В случае попадания воды в подмасочное пространство водолазу рекомендуется задержать дыхание, открыть вентиль обдува стекла маски и поправить маску на лице. При этом вода из подмасочного пространства будет вытесняться наружу. Если эти действия не обеспечат герметичность подмасочного пространства, то следует произвести безостановочный подъем водолаза на поверхность и поместить его в барокамеру.

При использовании гидрокомбинезона с водяным обогревом водолазный врач контролирует температуру воды, подаваемой на обогрев (она должна быть в пределах 40—42 °С), и периодически (примерно через 5 мин) запрашивает теплоощущения водолаза. В случае доклада водолаза о поступлении к нему холодной или слишком горячей воды емудается команда отключить обогрев. Возобновление включения обогрева проводится с разрешения руководителя спуска после устранения неисправности в работе водолазного котла и устойчивого поддержания заданной температуры воды. Если устранение неисправности котла требует длительного времени, то водолазу дается команда: «Начать безостановочный подъем на поверхность!». После подъема на поверхность водолаза помещают в барокамеру и действуют в соответствии с рекомендациями п. 6.1.4.6.

6.1.6. Медицинское обеспечение в период подъема водолаза и декомпрессии

6.1.6.1. За 2—3 мин до истечения запланированного времени пребывания на грунте водолаза в вентилируемом снаряжении или в снаряжении с открытой схемой дыхания водолазный врач сообщает руководителю спуска о необходимости окончания работы на грунте и подготовке к подъему на поверхность с соблюдением заранее выбранного режима декомпрессии (приложение 22). При выборе режима декомпрессии водолазный врач учитывает глубину спуска, время пребывания на грунте (с начала погружения до начала подъема), условия спуска и работы под водой, а также индивидуальные особенности водолаза. В зависимости от этого он выбирает основной или удлинненный режим.

6.1.6.2. После команды о начале подъема водолаза водолазный врач уточняет режим декомпрессии, сообщает руководителю спуска глубину первой остановки и скорость подъема до нее, напоминает о необходимости запроса о самочувствии.

6.1.6.3. В период подъема водолаза до 1-й остановки под водой или на поверхность водолазный врач должен контролировать самочувствие водолаза и скорость подъема, которая не должна превышать 8 м/мин. При подъеме водолаза необходимо подбирать слабинку сигнального конца и шланга, следить за их чистотой, уменьшать давление подаваемого водолазу воздуха, оберегать водолаза от удара о трап или о корпус плавсредства и удерживать от скольжения и падения, особенно при наличии волнения водной поверхности и сильного ветра.

6.1.6.4. Всплытие водолаза, кроме спусков в плавательном варианте, с любых глубин запрещается. При всплытии водолаза в плавательном варианте он должен быть предупрежден о недопустимости задержки дыхания при всплытии. Всплытие следует проводить спокойно, производя сравнительно короткие вдохи (замедляя при вдохе движение вверх) и несколько более глубокие выдохи. При этом водолаз не должен обгонять пузырьки воздуха, выходящие из дыхательного аппарата. Всплытие должно проводиться согласно режиму декомпрессии. В случае вынужденной задержки дыхания (спазм дыхательных путей, кашель) необходимо на это время прекратить всплытие. Всплытие водолаза за счет подъемной силы компенсатора плавучести запрещается.

6.1.6.5. В ходе декомпрессии под водой водолазный врач контролирует самочувствие водолаза, находящегося на водолазной или декомпрессионной беседке. Перед каждым подъемом на очередную остановку у водолаза запрашиваются самочувствие и ощущения. Переход водолаза на каждую очередную остановку по выбранному режиму декомпрессии разрешается только при отсутствии жалоб водолаза, свидетельствующих о появлении признаков декомпрессионного заболевания.

6.1.6.6. В случае появления у водолаза симптомов декомпрессионной болезни (кожного зуда, мышечно-суставных болей и др.) в пери-

од проведения декомпрессии в воде его необходимо немедленно перевести на две остановки глубже (т.е. на 6 м глубже при 3-метровом шаге декомпрессии), выдержать на новой остановке 15 мин и дальнейшую декомпрессию продолжить по режиму на две строчки ниже основного режима. При длительной декомпрессии и невозможности ее дальнейшего проведения в воде (переохлаждение водолаза, усиление штормовой погоды, отсутствие улучшения состояния или повторное появление симптомов декомпрессионной болезни и др.) переходят к декомпрессии на поверхности или к лечебной рекомпрессии. В этом случае подъем на поверхность производится в соответствии с пп. 13—17 приложения 22. При наличии симптомов декомпрессионной болезни проводится лечебная рекомпрессия. Водолазный врач выбирает режим лечебной рекомпрессии с учетом тяжести декомпрессионного заболевания (см. п. 8.2.6) и контролирует его проведение. В случае необходимости водолазный врач через предкамеру заходит в камеру к водолазу для оказания помощи. Рекомендации по оказанию неотложной помощи пострадавшему водолазу приведены в приложении 18.

6.1.6.7. Метод декомпрессии на поверхности (пп. 13—17 приложения 22) рекомендуется по возможности (при наличии на месте спуска барокамеры) применять в целях сокращения времени пребывания водолаза в загрязненной воде и ускорения сменяемости работающих водолазов. Предпочтение этому методу должно быть отдано также при появлении у водолаза чувства резкого охлаждения, укачивания или других нарушений самочувствия.

6.1.6.8. Перед проведением декомпрессии на поверхности водолазный врач убеждается в готовности барокамеры к приему водолаза (наличии необходимого имущества в соответствии с п. 6.1.2.7), наличии достаточного запаса воздуха и необходимого количества обеспечивающего персонала для подъема водолаза из воды на поверхность, освобождения от снаряжения и перевода водолаза в барокамеру.

6.1.6.9. После подъема водолаза на поверхность открывать иллюминатор шлема трехболтового снаряжения или снимать шлем двенадцатиболтового снаряжения разрешается на водолазном трапе лишь при волнении водной поверхности не более 2 баллов и надежной страховке водолаза с помощью сигнального конца (кабель-сигнала). В противном случае раздевание водолаза должно начинаться только после его полного выхода на палубу. Как только с водолаза будут сняты шлем и водолазные грузы, он должен полностью подняться на палубу, где с него снимают оставшиеся части снаряжения в порядке, обратном одеванию. Сигнальный конец (кабель-сигнал) должен сниматься с водолаза в последнюю очередь, перед снятием водолазной рубахи (гидрокостюма, гидрокомбинезона), и только после этого обеспечивающему водолазу разрешается выпустить сигнальный конец (кабель-сигнал) из рук. В холодную и ненастную погоду раздевание должно проводиться в помещении, расположенном рядом с местом спуска.

6.1.6.10. При проведении декомпрессии на поверхности водолазный врач контролирует фактическое время с момента окончания последней выдержки под водой до момента создания необходимого давления в барокамере, а также самочувствие водолаза. После создания в барокамере давления, соответствующего глубине остановки, с которой водолаз был поднят на поверхность, водолазный врач принимает от руководителя спуска руководство дальнейшей декомпрессией водолаза в барокамере, при котором выполняются действия, приведенные в п. 7.4.18. В случае появления признаков декомпрессионной болезни проводится лечение в соответствии с п. 8.2.6.

6.1.7. Медицинское обеспечение в последекомпрессионный период

6.1.7.1. После завершения декомпрессии водолаза проводится медицинский осмотр и по показаниям лечебно-профилактические мероприятия.

6.1.7.2. Медицинский осмотр после спуска проводится в том же объеме, что и перед спуском (см. п. 6.1.2.2). Результаты медицинского осмотра заносятся в Журнал медицинского осмотра водолазов и в Личную медицинскую книжку водолаза. После декомпрессии обычно выявляются уменьшение частоты сердечных сокращений (на 5—10 уд/мин), снижение максимального артериального давления (на 10-15 мм рт.ст.) и незначительное повышение минимального артериального давления. В случае декомпрессии в воде отмечается снижение температуры тела на 0,5—1 °С, водолазы могут предъявлять жалобы на усталость, иногда головную боль и ощущение холода.

6.1.7.3. Через 1 ч после окончания декомпрессии при наличии хорошего самочувствия водолазу может быть дана горячая пища.

6.1.7.4. В случае предъявления водолазом после окончания декомпрессии жалоб на плохое самочувствие, переохлаждение или появление симптомов декомпрессионной болезни водолазный врач оказывает водолазу необходимую помощь.

6.1.7.5. После окончания декомпрессии с глубин более 12 м водолаз должен находиться вблизи барокамеры в течение 2 ч, а после лечебной рекомпрессии, не осложненной рецидивом, — в течение 6 ч.

6.1.7.6. В случае продолжения водолазных работ водолазное снаряжение и средства обеспечения водолазных спусков и работ необходимо готовить к проведению последующих спусков. При этом перед каждым спуском должны выполняться мероприятия по подготовке и рабочей проверке водолазной техники и по одеванию водолаза, аналогичные мероприятиям, проводимым при окончательной подготовке к спускам (раздел 6.1.2). Рабочая проверка водолазного снаряжения производится в полном объеме требований упомянутого раздела перед каждым спуском водолаза под воду, а средства обеспечения водолазных спусков должны проходить рабочую проверку в начале каждого рабочего дня. В ходе проведения водолазных спусков необходимо контролировать запас сжатого воздуха с учетом его расхода и пополнения. Очередной спуск под воду может быть начат только при достаточном запасе

воздуха для спуска и работы водолаза под водой, подъема на поверхность и проведения лечебной рекомпрессии заболевшему водолазу в случае выхода из строя воздушного компрессора (см. п. 3.2 приложения 2). Общая емкость баллонов воздушной системы с рабочим давлением 25 кгс/см^2 при спусках на глубины до 45 м должна составлять не менее $1,5 \text{ м}^3$, а при спусках на глубины до 60 м - $2,0 \text{ м}^3$. Контроль качества воздуха проводится в соответствии с методикой, изложенной в приложении 13.

6.1.7.7. По окончании цикла водолазных спусков и работ все водолазное снаряжение должно быть промыто, очищено, просушено и убрано на отведенные (штатные) места.

6.1.7.8. Водолазные рубахи вентилируемого водолазного снаряжения после спусков промывают водой, чтобы смыть снаружи грязь, и подвешивают для просушки. Если в водолазную рубашу во время спуска попала вода, то ее надо удалить, а рубашу вывернуть наизнанку, чтобы в первую очередь просохла ее внутренняя поверхность. Травяще-предохранительные клапаны водолазных рубах должны сниматься, просушиваться и храниться отдельно. Водолазные шланги по окончании спусков очищают от грязи, обмывают пресной водой, продувают воздухом, развешивают для просушки, а затем сворачивают в бухту диаметром не менее 1 м. Конец шланга обычно оставляют соединенным с воздушным вводом шлема, а свободный конец завязывают ветошью. Водолазный шлем после спусков обмывают пресной водой, протирают внутри и снаружи ветошью, укладывают на бухту шланга и накрывают парусиновым чехлом. Грузы и галоши очищают от грязи и убирают в трюм водолазного бота. Кожаные изделия и детали просушивают и смазывают техническим вазелином. Спускосовые, сигнальные и ходовые концы по окончании спусков разматывают для просушки, затем укладывают в бухту на свободное место на палубе или наматывают на вьюшки и зачехляют.

6.1.7.9. Гидрокомбинезоны (гидрокостюмы) снаряжения с открытой схемой дыхания после употребления промывают водой и подвешивают для просушки (сначала с внутренней стороны, а затем снаружи). Аппараты с открытой схемой дыхания обмывают чистой пресной водой, тщательно протирают для удаления грязи и масляных пятен и просушивают. Дыхательный автомат и клапанную коробку после спусков протирают снаружи чистой ветошью, промывают пресной водой, просушивают и собирают автомат. После этого дыхательные аппараты заряжают сжатым воздухом до рабочего давления и укладывают на штатное место.

6.1.7.10. Водолазная теплозащитная одежда (комплекты шерстяного белья, утеплители, меховые чулки и носки и т.п.) после спуска должна быть хорошо просушена и уложена для хранения в рундуки или шкафы. В случае загрязнения нательное белье и шерстяные изделия подвергают стирке или химической чистке.

6.1.7.11. При проведении спусков загрязненную воду водолазный врач после окончания спусков должен проконтролировать порядок и качество дезинфекции водолазного снаряжения. После подъема водолаза,

спускавшегося в загрязненную хозяйственно-бытовыми или промышленными стоками воду, перед его раздеванием следует смыть со снаряжения грязь и нечистоты пресной водой. После раздевания водолазную рубашу (гидрокомбинезон), дыхательный аппарат, шланги и другие части водолазного снаряжения и средств обеспечения водолазных спусков необходимо промыть чистой водой с мылом, затем протереть или обмыть 1 %-ным раствором хлорной извести, снова обмыть чистой водой и протереть чистой ветошью. Водолазы после работы в этих условиях должны принять душ с использованием моющих или дезинфицирующих средств.

6.1.7.12. Если при спуске на водолазную рубашу (гидрокостюм, гидроккомбинезон) попали нефтепродукты или масло, то ее нужно тщательно очистить от загрязнений с помощью щеток или ветоши. Эти загрязнения с трудом удаляются, однако их быстрое удаление необходимо, поскольку нефтепродукты и масла портят резину и прорезиненную ткань. Травяще-предохранительные клапаны и головной клапан шлема после каждого спуска должны очищаться от нефтепродуктов, протираться ветошью и смазываться вазелином. Так же следует поступать после окончания водолазного спуска в нефть и нефтепродукты. Масляные пятна необходимо протереть сухими опилками, а затем смыть пресной водой с мылом до полного удаления загрязнений.

6.1.7.13. Хранение водолазного снаряжения на судах, имеющих штатных водолазов и оборудованных постами для спусков, должно быть организовано в помещении водолазного поста. Помещение должно иметь удобный выход на палубу, быть сухим, отапливаемым, проветриваемым, позволяющим размещать в нем все водолазное снаряжение и необходимые инструменты, а также быть пригодным для одевания готовящихся к спуску водолазов. Часть водолазного снаряжения и средств обеспечения водолазных спусков (шланги, шлемы, кабели телефонной связи, спусковые, ходовые и сигнальные концы) может храниться на верхней палубе в зачехленном виде.

Для размещения водолазного имущества при спусках водолазов с берега, со льда, с причальной стенки должно быть предусмотрено помещение. Оно должно быть сухим, отапливаемым, позволяющим размещать в нем все водолазное снаряжение и инструменты. Там, где это нецелесообразно, устанавливается передвижная водолазная будка. На водолазных станциях, где нет возможности оборудовать закрытое помещение, водолазное имущество может размещаться в сундуках, ящиках, непромокаемых мешках или сумках.

6.1.7.14. Водолазное снаряжение и средства обеспечения спусков, хранящиеся на водолажном посту, должны быть комплектными, исправными и готовыми к использованию. Хранить водолазное снаряжение и оборудование в одном помещении с материалами, не относящимися к имуществу водолазных станций, а также вместе с горюче-смазочными материалами запрещается. Резиновые изделия должны быть укрыты от солнечных лучей, защищены от попадания горюче-смазочных материалов, в помещении располагаться не ближе 2 м от отопительных приборов. Мелкие изделия из резины укладываются на полки и пересыпа-

ются тальком. Латунные изделия (шлемы, манишки, мелкие металлические детали) во избежание коррозии должны быть слегка смазаны техническим вазелином или тавотом. Резьбу металлических изделий обертывают ветошью для предохранения от повреждений. Водолазные рубахи и гидрокombineзоны (гидрокостюмы) должны свободно висеть на распялках или вешалках. Допускается хранение просушенных водолазных рубах и гидрокombineзонов (гидрокостюмов) в сложенном виде, при этом 1 раз в 3 месяца они должны просушиваться и переукладываться. Дыхательные аппараты должны быть заряжены до рабочего давления (допускается давление до 90 % от этой величины), и, если спуски в них длительное время не производятся, то ежемесячно аппараты должны перезаряжаться сжатым воздухом. Водолазные шланги, телефонный кабель сигнальный и другие концы при отсутствии специальных вьюшек должны храниться сложенными в бухты диаметром не менее 1 м. Концы водолазных шлангов обвязывают ветошью во избежание попадания внутрь пыли или посторонних предметов. Кожаные галоши и пояса после смазки укладывают на полки.

Водолазное снаряжение и средства обеспечения спусков, не находящиеся в эксплуатации, должны храниться на складах, которые должны быть чистыми и просторными. В них должны поддерживаться температура 5–30 °С и относительная влажность 50–60 %. Состояние находящейся на хранении водолазной техники должно проверяться 1 раз в 3 года.

6.2. Медицинское обеспечение водолазных спусков с использованием для дыхания 40 %-ной кислородно-азотной смеси

6.2.1. Медицинское обеспечение на этапе предварительной подготовки к водолажным спускам

6.2.1.1. На этапе предварительной подготовки к водолажным спускам в снаряжении с открытой или полужамкнутой схемой дыхания 40 %-ной кислородно-азотной смесью (40 % КАС) водолазный врач должен выполнить действия, изложенные в п. 6.1.2, и дополнительно:

- * проверить наличие на плавсредстве воздуха, азота и кислорода, определить их достаточность для приготовления 40 % КАС (см. пп. 3.5 и 3.6 приложения 2);

- * проверить содержание кислорода и азота во всех кислородных баллонах по данным паспортов завода-изготовителя;

- * проверить содержание азота и кислорода во всех азотных баллонах по данным паспортов завода-изготовителя;

- * проконтролировать приготовление 40 % КАС в соответствии с приложением 19 и провести анализ приготовленной смеси на содержание в ней кислорода (см. приложение 12);

- * проверить достаточность запасов 40 % КАС для проведения спусков под воду и декомпрессии в соответствии с расчетом по методике, представленной в пп. 3.4 и 3.5 приложения 2.

6.2.2. Медицинское обеспечение **на этапе окончательной подготовки к водолазным спускам**

6.2.2.1. В период окончательной подготовки к водолазному спуску водолазный врач обязан выполнить мероприятия, предусмотренные в пп. 6.1.2.1-6.1.2.4. При применении 40 % КАС в снаряжении с открытой схемой дыхания водолазный врач выполняет также мероприятия по контролю подготовки и рабочей проверки снаряжения в соответствии с п. 6.1.2.6.

6.2.2.2. При спусках с применением 40 % КАС в снаряжении с полужамкнутой схемой дыхания в ходе подготовки к использованию снаряжения и рабочей проверки основное внимание уделяется правильной зарядке баллонов и регенеративных патронов дыхательных аппаратов. Необходимо следить, чтобы баллоны аппарата были заполнены КАС с содержанием кислорода 40 %. Допускается давление в баллонах не ниже рабочего давления на 10 %. При сборке дыхательных аппаратов должны тщательно монтироваться резьбовые соединения трубопроводов высокого давления. При сборке клапанной коробки, присоединении дыхательных трубок и регенеративных патронов необходимо обращать внимание на наличие и целостность прокладок, надежность штуцерных соединений. С помощью проверочно-контрольной установки ПКУ-1 проверяются величина установочного давления редуктора, давление открытия и закрытия его предохранительного клапана, величина постоянной подачи газа ручным пускателем и редуктором, величина сопротивления дыхательной системы в целом и дыхательного автомата, герметичность полостей высокого и низкого давления. С помощью камеры КГ проверяются герметичность уплотнения редуктора, величина изменения подачи смеси с ростом глубины, параметры срабатывания клапанов пускателя и переключателя в зависимости от давления окружающей среды.

Необходимо подобрать гидрокombineзон (гидрокостюм) с учетом антропометрических характеристик водолаза. При сборке систем электро- и водообогрева проверяют монтаж электрических соединений нагревательных элементов. Соединяют разъемы кабелей питания электронагревательной одежды, заполняют водой гидросистему костюма водяного обогрева, убеждаются в отсутствии механических повреждений разводящих и коллекторных трубок, проверяют разъемы. При необходимости гидросистема подвергается проверке на герметичность давлением воды. Подбирают и готовят гидрокombineзон, боты, ласты, каску и световой прибор. При подготовке гидрокombineзонов особое внимание уделяют проверке работоспособности замка головного разъемного шлема и исправности травящих клапанов.

Водолазный врач должен проверить с помощью кальциметра качество заряжаемого в патрон регенеративного или поглотительного вещества (приложение 14). Начальная насыщенность регенеративных веществ по кислороду должна составлять не менее 130 л/кг, а по углекислому газу - не более 15 л/кг. Химический поглотитель ХП-И должен

иметь насыщенность углекислым газом не более 20 л/кг. Результаты анализов регенеративного или поглотительного вещества записываются в Журнал анализов воздуха, дыхательных газовых смесей, поглотительных и регенеративных веществ (приложение 6).

6.2.2.3. В период окончательной подготовки к спуску водолазный врач в дополнение к перечисленным мероприятиям обязан выполнить следующее:

- провести анализ на содержание кислорода 40 % КАС, заряженной в баллоны аппарата с открытой или полужамкнутой схемой дыхания (приложение 12);
- убедиться в правильности подключения транспортных баллонов с 40 % КАС к пульту подачи газовой смеси водолазу и непосредственно перед спуском проверить на газоанализаторе содержание в ней кислорода. Результаты анализов КАС от баллонов аппарата и от транспортных баллонов заносятся в Журнал анализов воздуха, дыхательных газовых смесей, поглотительных и регенеративных веществ;
- убедиться в возможности быстрого переключения дыхания водолаза с 40 % КАС на воздух в случае необходимости;
- проверить давление в транспортном баллоне воздуха, который может использоваться в качестве аварийной дыхательной смеси.

6.2.2.4. Порядок одевания водолаза в снаряжении с открытой схемой дыхания изложен в п. 6.1.2.10, а порядок одевания водолаза в снаряжении с полужамкнутой схемой дыхания не имеет от него принципиальных отличий, за исключением нередко применяемого в этом снаряжении активного обогрева.

Вначале водолаз надевает средства пассивной теплозащиты или одежду обогрева из комплекта снаряжения с полужамкнутой схемой дыхания, после чего надевает гидрокombineзон (гидрокостюм), на котором сверху закрепляется сигнальный конец или шланг-сигнал. Поверх гидрокombineзона на спину навешивается дыхательный аппарат и застегиваются подвесные ремни. Подсоединяются шланги и кабели. Закрепляются водолазные грузы, нож, световой прибор, каска, надеваются боты или ласты. Клапанная коробка дыхательного аппарата присоединяется к штуцеру гидрокombineзона. Проверяются открытие и закрытие крана горячей воды, целостность подводящих и водообогреваемых трубок, температура воды на выходе из шланга системы обогрева, поступление воды в водообогреваемые трубки или в гидрокombineзонное пространство и устойчивость работы термостата. По команде руководителя спуска производится включение водолаза в аппарат с записью об этом в Журнале водолазных работ и в Журнале протоколов водолазных спусков. При использовании гидрокombineзонов (гидрокостюмов) «мокрого» типа надевается внутренний (гигиенический) комбинезон, наружный гидрокombineзон, бахилы, шлем, капюшон, перчатки. Гигиенический комбинезон в зависимости от температуры воздуха рекомендуется надевать под теплым или прохладным душем.

6.2.3. Медицинское обеспечение при погружении водолаза под воду

6.2.3.1. В период погружения водолаза, использующего для дыхания 40 % КАС, осуществляется контроль герметичности снаряжения, скорости спуска и самочувствия водолаза в соответствии с п. 6.1.3.

6.2.4. Медицинское обеспечение при пребывании водолаза под водой

6.2.4.1. В период работы водолазов под водой с использованием снаряжения с открытой схемой дыхания в автономном и шланговом варианте или снаряжения с полужамкнутой схемой дыхания водолазный врач кроме действий, предусмотренных в пп. 6.1.5, должен:

- при спуске водолаза в шланговом варианте снаряжения с открытой или полужамкнутой схемой дыхания в случае израсходования 40 % КАС рекомендовать руководителю спуска переключить водолаза на дыхание воздухом и начать подъем на поверхность;
- в случае появления у водолаза начальных признаков отравления кислородом (загрудинных болей, усиливающихся при глубоком вдохе, кашля, дыхательного дискомфорта, учащения сердцебиений) рекомендовать руководителю спуска перевести водолаза на дыхание воздухом и начать подъем на поверхность.

6.2.5. Медицинское обеспечение в период подъема водолаза и декомпрессии

6.2.5.1. В период декомпрессии водолазный врач проводит медицинское обеспечение в соответствии с рекомендациями, представленными в п. 6.1.6, за исключением следующего:

- декомпрессия водолазов проводится по режимам для спусков с использованием 40 % КАС, представленным в табл. 4 приложения 22. Правила применения этих режимов те же, что и режимов для спусков с использованием для дыхания сжатого воздуха;
- в случае переключения водолаза с 40 % КАС на дыхание воздухом при работе на грунте в связи с израсходованием смеси, ухудшением самочувствия водолаза или по другим причинам декомпрессия проводится по воздушному режиму, приведенному в табл. 1 приложения 22, с учетом глубины спуска, времени пребывания водолаза на грунте, условий спуска и индивидуальных особенностей водолаза.

6.2.6. Медицинское обеспечение в последекомпрессионный период

В последекомпрессионный период водолазный врач осуществляет медицинское обеспечение в соответствии с п. 6.1.7.

6.3. Медицинское обеспечение водолазных спусков с использованием для дыхания кислорода

6.3.1. Медицинское обеспечение на этапе предварительной подготовки к водолажным спускам

6.3.1.1. Медицинское обеспечение спусков с использованием для дыхания кислорода в снаряжении с замкнутой схемой дыхания на этапе предварительной подготовки в дополнение к мероприятиям, изложенным в п. 6.1.1, должно включать:

- проверку наличия на плавсредстве кислорода для зарядки баллонов дыхательных аппаратов и проверку содержания кислорода и азота во всех транспортных кислородных баллонах по данным паспортов завода-изготовителя ;
- проверку фактического наличия запаса сжатого воздуха и его достаточность для проведения лечебной рекомпрессии в случае возникновения баротравмы легких в соответствии с ранее сделанным расчетом по методике, приведенной в п. 3.2 приложения 2;
- анализ воздуха на содержание в нем вредных веществ в соответствии с методикой, представленной в приложении 13.

6.3.2. Медицинское обеспечение на этапе окончательной подготовки к водолажным спускам

6.3.2.1. На этапе окончательной подготовки к водолажному спуску с использованием для дыхания кислорода должны быть выполнены мероприятия, изложенные в пп. 6.2.2.1, 6.2.2.2 и 6.2.2.4 в отношении порядка проведения рабочей проверки водолазного снаряжения и одевания водолаза, а также дополнительные действия.

6.3.2.2. При проведении руководителем водолажного спуска инструктажа водолазов и обеспечивающего персонала водолазный врач дополнительно обращает внимание на порядок проведения 5-кратной и 1-кратной промывок кислородом системы «аппарат - легкие» (см. п. 3.5.3), на необходимость выравнивания давления в подмасочном пространстве при спуске, на первые признаки отравления O_2 и CO_2 , на скорость подъема с глубины на поверхность, на действия в случае аварийного всплытия на поверхность.

6.3.2.3. Водолазный врач должен контролировать правильность проведения водолазом рабочей проверки водолажного снаряжения спускающегося и страхующего водолазов.

Перед зарядкой регенеративного патрона дыхательного аппарата водолазный врач должен произвести анализ регенеративного или поглощающего вещества в соответствии с п. 6.2.2.2 по методике, приведенной в приложении 14.

Рабочая проверка снаряжения проводится в соответствии с п. 6.2.2.2 (применительно к использованию кислорода). При рабочей проверке дыхательного аппарата особое внимание следует обратить на проверку величины давления в кислородном баллоне, полноту зарядки регенера-

тивного патрона, исправность клапанов вдоха и выдоха клапанной коробки, величину подачи кислорода в дыхательный мешок, исправность работы травяще-предохранительного клапана, величину сопротивления дыханию, работу ручного пускателя (байпаса), работу сигнализатора минимального давления и герметичность аппарата при открытом и закрытом вентиле баллона. При наличии на водолазной станции проверочно-контрольной установки ПКУ-1 и камеры КГ они используются для получения показателей функционирования дыхательного аппарата.

При рабочей проверке гидрокостюма (гидрокомбинезона) проверяется комплектность, внешним осмотром оценивается состояние ткани всех его составных частей, обращается внимание на отсутствие повреждений, потертостей и проколов. Поверяется исправность действия прижимных устройств дыхательной полумаски, надежность крепления шуцеров, очков и маски на шлеме.

Водолазный врач должен сделать расчет максимально допустимого времени работы водолаза под водой, которое зависит от запаса кислорода в баллоне аппарата, количества и качества регенеративного вещества или ХП-И, глубины спуска, интенсивности физической нагрузки и температуры воды. Методика расчета приведена в п. 3.7 приложения 2.

6.3.2.4. Одевание снаряжения проводится в соответствии с пп. 6.1.2.10 и 6.2.2.4. При одевании снаряжения водолазный врач контролирует порядок надевания водолазного белья, гидрокостюма (гидрокомбинезона), сигнального конца, ластов или бот, грузового ремня, ножа, дыхательного аппарата, подключения клапанной коробки. Убеждается в правильности размещения и закрепления дыхательного аппарата на теле водолаза (нижний край дыхательного автомата должен находиться на уровне нижнего края грудной клетки).

6.3.2.5. Перед погружением водолаза под воду водолазный врач должен проконтролировать, чтобы водолаз открыл вентиль кислородного баллона, открыл крышку травяще-предохранительного клапана на дыхательном мешке, закрыл крышку травяще-предохранительного клапана на шлеме гидрокостюма и включился на дыхание в аппарат с проведением 5-кратной промывки системы «аппарат — легкие» по методике, изложенной в п. 3.5.3.

6.3.3. Медицинское обеспечение при погружении водолаза под воду

6.3.3.1. В период погружения водолаза в снаряжении с замкнутой схемой дыхания кислородом осуществляется контроль герметичности снаряжения, скорости спуска и самочувствия водолаза в соответствии с п. 6.1.3.

6.3.3.2. При отсутствии в аппарате дыхательного автомата или при недостаточной подаче им кислорода во время погружения водолаз по мере увеличения глубины погружения с помощью ручного пускателя (байпаса) должен пополнять объем газа в дыхательном мешке, а также периодически производить выдох носом в подмасочное пространство для исключения присасывающего действия маски к лицу (местного обжима).

6.3.4. Медицинское обеспечение при пребывании водолаза под водой

6.3.4.1. В период работы водолазов под водой с использованием снаряжения с замкнутой схемой дыхания водолазный врач должен проводить мероприятия, предусмотренные в пп. 6.1.5.1, 6.1.5.2 и 6.1.5.5, а также выполнять дополнительные действия.

6.3.4.2. Во время работы водолаза под водой водолазный врач должен следить за характером и ритмом дыхания, слышимого по телефону. Частое и шумное дыхание свидетельствует об одышке, которая может возникнуть при развитии кислородного голодания, отравлении углекислым газом, а также при выполнении тяжелой физической работы. В последнем случае необходимо запросить самочувствие водолаза и дать ему команду на прекращение работы, которая может быть возобновлена после отдыха и восстановления нормального дыхания.

6.3.4.3. Водолазный врач должен контролировать периодичность однократных промывок в зависимости от глубины погружения в соответствии с табл. 10 (п. 3.5.3). При этом на поверхности воды при каждой однократной промывке должны появиться 2 пузыря.

6.3.4.4. В случае начавшегося непроизвольного всплытия водолаза он должен быть предупрежден по телефону о недопустимости задержки дыхания при всплытии. Всплытие должно производиться спокойно, водолаз должен делать сравнительно короткие вдохи и более глубокие выдохи. При всплытии водолаз не должен обгонять пузырьки газа, выходящего из дыхательного аппарата.

6.3.4.5. При получении от водолаза сигнала «тревога» или при отсутствии ответа на дважды переданный запрос о самочувствии обеспечивающий водолаз должен немедленно известить руководителя спуска и водолазного врача, после чего должен быть начат срочный подъем пострадавшего на поверхность с соблюдением мер безопасности, направленных на предупреждение у него баротравмы легких. Одновременно по спусковому концу должен начать спуск под воду страхующий водолаз для быстрого и безопасного извлечения на поверхность пострадавшего водолаза. Страхующий водолаз, достигнув пострадавшего водолаза, контролирует у него наличие в дыхательном мешке достаточного количества кислорода, открывает крышку травяще-предохранительного клапана на дыхательном мешке (если она была закрыта) и делает байпасом промывку дыхательного мешка кислородом, контролируя наполнение дыхательного мешка, после чего поднимает пострадавшего на поверхность.

6.3.5. Медицинское обеспечение при подъеме водолаза

6.3.5.1. За 2 мин до истечения времени пребывания водолаза на фундаменте водолазный врач извещает об этом руководителя спуска, после чего водолазу подается команда об окончании работы. Водолаз подходит к спусковому концу или к водолазной беседке, делает однократную про-

мывку кислородом и проверяет полноту открытия крышки травяше-предохранительного клапана на дыхательном мешке, после чего начинается подъем на поверхность со скоростью 5-6 м/мин. Подъем с большей скоростью, особенно при использовании загубника, недопустим из-за опасности возникновения баротравмы легких.

63.5.2. Переключение на дыхание атмосферным воздухом должно производиться только после выхода водолаза на палубу плавсредства.

6.3.6. Медицинское обеспечение в послеспускковой период

6.3.6.1. После выхода водолаза из воды водолазный врач проводит медицинское обеспечение в соответствии с п. 6.1.7, за исключением мероприятий по профилактике декомпрессионной болезни.

6.3.6.2. В случае появления у водолаза жалоб на возникновение у него специфического или неспецифического заболевания водолазный врач оказывает ему квалифицированную или специализированную помощь.

6.4. Медицинский контроль соблюдения режимов труда, отдыха и питания водолазов в период проведения водолазных спусков

6.4.1. В целях сохранения и укрепления здоровья водолазов водолазный врач должен строго следить за выполнением водолазами режимов труда, отдыха и питания, а также контролировать обеспечение администрацией необходимых для этого условий.

6.4.2. Количество спусков водолазов в одном и том же диапазоне глубин в течение рабочей смены не должно превышать 8 спусков на глубины до 6 м, 6 спусков на глубины 7—12 м, 4 спусков на глубины 13—20 м, 2 спусков на глубины 21—40 м и 1 спуска на глубины 41—60 м. При повторных спусках на разные глубины общее количество спусков не должно превышать количества спусков, разрешенных для наибольшей глубины.

6.4.3. Суммарное время погружения, пребывания на фунте и декомпрессии во всех спусках, выполненных водолазом в течение суток (24 ч) не должно превышать 6 ч. Очередной спуск разрешается не ранее чем через 12 ч после окончания последнего спуска. В особых случаях (при общем времени пребывания водолаза под водой и при повышенном давлении от 6 до 10 ч) очередной спуск разрешается не ранее чем через 24 ч после окончания последнего спуска. Если общее время пребывания водолаза под водой и повышенным давлением превысило 10 ч, то очередной спуск разрешается не ранее чем через 48 ч после окончания последнего спуска.

6.4.4. Исходя из конкретных условий выполнения работ, руководитель водолажных работ по согласованию с руководителем спуска и водолазным врачом может изменить режим труда и отдыха, представленный в пп. 6.4.1—6.4.3, при соблюдении мер безопасности и сохранении здоровья водолазов и обеспечивающего их персонала.

6.4.5. При проведении круглосуточных работ водолазный состав должен быть распределен по сменам так, чтобы каждый водолаз мог спать перед спуском не менее 7—8 ч. Перед спуском под воду водолазу дол-

жен быть предоставлен отдых, продолжительность которого зависит от глубины погружения, времени работы на фунте и степени ее тяжести.

К легкой работе относятся осмотр объекта, сварка и резка металла, остропка мелких предметов и т.п., к работе средней тяжести — монтаж конструкций, работа подо льдом, перенос и укладка грузов, подводный судоремонт, монтаж трубопроводов и т.п., к тяжелой работе — работа с гидромонитором, заделка пробоин, подводная очистка судов от обрас-таний, работа внутри затонувших судов и т.п.

Продолжительность полного отдыха перед спуском приведена в табл. 19.

Таблица 19. Продолжительность полного отдыха водолазов перед спусками под воду в зависимости от планируемых глубин, продолжительности и тяжести работы на грунте

Глубина, м	Продолжительность работы на грунте, мин	Время полного отдыха перед спуском, мин		
		Легкая работа	Работа средней тяжести	Тяжелая работа
до 12	до 120	Отдых не требуется	30	45
до 12	121–360	30	45	60
13–45	до 210	45	60	90
46–60	до 105	60	90	120

Примечания:

1. Полным отдыхом водолаза считается освобождение от всех видов работ. В этот период допускаются только медицинский осмотр, подготовка и рабочая проверка снаряжения.

2. В день спуска водолазы должны быть освобождены за 1 ч до начала полного отдыха от тяжелых физических работ (погрузочно-разгрузочных, подъема и переноски транспортных баллонов, такелажных работ, выбирания шлангов с глубин более 45 м и при скорости течения свыше 0,5 м/с и т.п.).

3. При проведении круглосуточных работ по сменам каждый водолаз должен иметь перед спуском не менее 7—8 ч для сна.

6.4.6. После спуска под воду водолазам предоставляется отдых, продолжительность которого приведена в табл. 20.

6.4.7. По окончании полного отдыха после спуска водолазы должны быть освобождены до конца рабочего дня от тяжелых физических работ, указанных в примечании 2 к табл. 19. В этот период допускается привлекать водолазов к обеспечению спусков: привести в исходное состояние водолазное снаряжение и оборудование, обслуживать декомпрессионную камеру, обеспечивать связь с работающим водолазом, участвовать в одевании и раздевании водолазов, проводить дезинфекцию водолазного снаряжения.

Таблица 20. Продолжительность полного отдыха водолазов после спуска под воду в зависимости от глубины, продолжительности и тяжести работы на грунте

Глубина, м	Продолжительность работы на грунте, мин	Время полного отдыха перед спуском, мин		
		Легкая работа	Работа средней тяжести	Тяжелая работа
до 12	до 120	Отдых не требуется	30	45
до 12	121–360	30	45	60
13–45	до 210	60	120	180
46–60	до 105	120	180	240

6.4.8. В зависимости от конкретных условий водолазных работ и самочувствия водолаза после спуска время его отдыха может быть увеличено водолазным врачом, о чем он должен сообщить руководителю водолазного спуска.

6.4.9. Физические нагрузки запрещаются в течение 6 ч до спуска и 1 сут после окончания декомпрессии.

6.4.10. Продолжительность работы под водой и отдыха водолазов до и после спусков может быть изменена только в исключительных случаях (ликвидация последствий аварии с угрозой человеческим жизням или экологической катастрофы, оказание помощи терпящим бедствие и т.п.). При этом должны быть приняты все необходимые меры по сохранению здоровья и работоспособности водолазов.

6.4.11. При выполнении водолажных работ водолазы должны обеспечиваться горячей пищей по нормам, утвержденным установленным порядком (приложение 20). Рацион питания водолазов в день проведения спусков должен быть согласован с водолазным врачом.

6.4.12. Необходимо по возможности соблюдать общие принципы рационального питания с учетом профессиональных особенностей водолазного труда.

6.4.13. Принимать пищу следует не реже 3 раз в день. Перед едой и питьем рекомендуется не только мыть руки, но и прополаскивать водой рот.

6.4.14. Целесообразно включать в суточный пищевой рацион в первую очередь следующие продукты: творог, сыр, молоко, простоквашу, мед, сахар, растительное масло, гречку, овсянку, овощи, зелень (кроме щавеля и шпината), фрукты. При проведении водолажных работ пища должна содержать полноценные животные белки, требуется также прием комплексных поливитаминных препаратов (типа препаратов «Декамевит», «Ундевит» и др.).

6.4.15. В дни проведения спусков не рекомендуется готовить пищу из продуктов, вызывающих усиленное газообразование в кишечнике (фасоль, горох, бобы), и употреблять блюда, возбуждающие жажду. Пища

должна выдаваться водолазам не позднее чем за 2 ч до погружения. В целях снижения мочеобразования в период пребывания водолаза в холодной воде полезно за полчаса до начала спуска съесть бутерброд с селедкой.

В период декомпрессии продолжительностью более 4 ч водолазам передают пищу в барокамеру в соответствии с меню, согласованным с водолазным врачом. При нахождении в барокамере, а также после окончания декомпрессии для стимулирования сердечно-сосудистой системы и ускорения процесса рассорбции организма от азота рекомендуется обильное питье (чай, минеральная или питьевая вода, соки).

6.4.16. При ночных водолазных работах между ужином и завтраком организуется однократный прием горячей пищи как спускающимся под воду, так и обеспечивающему персоналу.

6.4.17. В целях укрепления здоровья, компенсации энерготрат и предупреждения профессиональных заболеваний водолазам, водолазным специалистам, водолазным врачам, водолазным фельдшерам и инженерно-техническому персоналу, выполняющим спуски под воду или в барокамере, в дни фактического выполнения водолазных работ выдается лечебно-профилактическое питание в соответствии с действующими нормами (см. приложение 20).

6.4.18. Лечебно-профилактическое питание рекомендуется выдавать водолазам после выхода на поверхность в виде горячих завтраков. Горячие завтраки лечебно-профилактического питания являются дополнительным питанием к суточному рациону водолазов по нормам, установленным для плавсостава (при нахождении на плавсредстве). При отсутствии возможности приготовления горячей пищи в районе проведения водолажных работ администрация предприятия (организации), выполняющего эти работы, должна заключить договор на использование близлежащего предприятия общественного питания. Заблаговременно должны быть сделаны заявки на приготовление определенного количества завтраков, которые необходимо доставлять точно к назначенному времени для каждой смены водолазов.

6.4.19. По перечню продуктов, указанному в рационе лечебно-профилактического питания, составляется 6-дневная меню-раскладка на каждый день. Примерная 6-дневная меню-раскладка, рекомендованная Институтом питания РАМН, приведена в приложении 20. При 5-дневной рабочей неделе с 2 выходными днями сохраняется недельная норма выдачи лечебно-профилактического питания, рассчитанная на 6 рабочих дней.

6.4.20. Приготовление лечебно-профилактического питания должно быть поручено квалифицированному повару, знающему соответствующую технологию. При организации лечебно-профилактического питания на плавсредствах водолазный врач должен принимать участие в составлении меню, осуществлять наблюдение за приготовлением и выдачей горячих завтраков. При привлечении предприятий общественного питания наблюдение за составлением меню, приготовлением и выдачей лечебно-профилактического питания возлагается на медицинских ра-

ботников соответствующей санитарной службы, а водолазный врач должен подавать заявки на приготовление завтраков и контролировать их доставку. Контроль организации лечебно-профилактического питания осуществляется предприятиями, выполняющими водолазные работы, учреждениями здравоохранения и профсоюзными органами.

6.4.21. Допускается замена в меню одних блюд другими, включение в меню супа и других блюд при обязательном соблюдении установленной для рациона нормы продуктов. Замена одних пищевых продуктов другими допускается в исключительных случаях в пределах норм взаимозаменяемости продуктов, приведенных в приложении 20.

Витаминация кефира проводится ежедневно в пищеблоке медицинским персоналом, а при отсутствии последнего - поваром под контролем водолазного врача. Способ витаминизации: таблетки витамина С (аскорбиновой кислоты), рассчитанные по числу порций (или соответственно отвешенную аскорбиновую кислоту в порошке), кладут в чистую глубокую тарелку, куда заранее налито небольшое количество (100-200 мл) кефира, подлежащего витаминизации, и растворяют при помешивании ложкой, после чего выливают в общую массу кефира, перемешивая половником; тарелку ополаскивают кефиром, который также выливают в общую массу. Витаминизацию проводят непосредственно перед раздачей. Подогрев витаминизированного блюда не допускается. Аскорбиновую кислоту (таблетки или порошок) следует хранить в защищенном от света сухом прохладном месте в плотно закрытой таре под замком, ключ от которого должен храниться у лица, ответственного за витаминизацию.

В качестве растворителя витамина С вместо кефира может использоваться другая жидкость (молоко, чай, кофе и др.). В случае регулярного применения комплексных поливитаминных препаратов (п. 6.4.14) витаминизация блюд витамином С может не проводиться.

7. МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДОЛАЗОВ В МЕЖСПУСКОВОЙ ПЕРИОД

Медицинское обеспечение водолазов в межспусковой период включает в себя:

- медицинский отбор и освидетельствование специалистов водолазной службы;
- оказание медицинской помощи по мере обращения водолазов или направление на консультацию и лечение заболевших водолазов в лечебное учреждение;
- контроль соблюдения режимов труда, отдыха и питания водолазов в межспусковой период;
- поддержание готовности водолазов к проведению спусков;
- контроль проведения физической подготовки водолазов;
- контроль правильности заполнения журналов, связанных с медицинским обеспечением водолазов;
- контроль комплектации водолазной аптечки и укладки водолазного врача, пополнение их медикаментами и перевязочным материалом;
- подготовка водолазов по соблюдению мер безопасности в период проведения водолазных спусков и по оказанию первой медицинской помощи заболевшим и пострадавшим водолазам;
- контроль санитарно-гигиенического состояния водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков.

7.1. Профессиональный и медицинский отбор кандидатов в водолазы, периодические медицинские освидетельствования специалистов водолажной службы

7.1.1. Кандидаты для обучения по специальности «водолаз» отбираются водолазными специалистами предприятия из числа мужчин в возрасте от 18 до 35 лет. При отборе кандидатов учитываются желание кандидата приобрести специальность «водолаз», состояние здоровья, физическое развитие, психологические особенности и производственные показатели. Отобранные для обучения кандидаты проходят предварительное медицинское освидетельствование в специализированном лечебно-профилактическом учреждении, которое оформляется экспертным заключением водолазной клинικο-экспертной комиссии (ВКЭК) этого учреждения.

Окончательный отбор кандидатов для обучения по специальности «водолаз» производится в водолажной школе с участием главного водолазного специалиста и водолазного врача школы.

7.1.2. Предварительное медицинское освидетельствование кандидатов проводится в соответствии с приказом Минздравмедпрома России от 14 марта 1996 г. № 90 «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии» (см. приложение 3) и действующей инструкцией по медицинскому освидетельствованию водолазного со-

става. Взамен «Инструкции по медицинскому отбору и освидетельствованию водолазов» (1985 г.) готовится «Инструкция по медицинскому отбору и освидетельствованию специалистов водолазной службы», в которой найдут отражение новые медицинские требования к состоянию здоровья водолазов, водолазов-глубоководников и медицинского персонала, обеспечивающего водолазные спуски.

7.1.3. Кандидаты, подлежащие медицинскому освидетельствованию, должны иметь при себе направление, паспорт, военный билет, справки из психиатрического, наркологического и кожно-венерологического диспансеров об отсутствии у них заболеваний, а также выписку из «Карты амбулаторного больного» от лечебного учреждения по месту жительства.

7.1.4. Предварительное медицинское освидетельствование кандидатов производится амбулаторно. Ответственность за организацию проведения медицинского осмотра кандидатов врачами-специалистами поликлиники возлагается на главного врача лечебно-профилактического учреждения.

7.1.5. Освидетельствование кандидатов для обучения водолазной специальности начинается с антропометрических измерений (определение массы тела, роста, окружности грудной клетки, жизненной емкости легких, становой силы, силы сжатия кистей рук). Массу тела измеряют утром до приема пищи или не ранее 2 ч после него. При определении жизненной емкости легких проводят не менее трех измерений. Из полученных результатов берется наибольший. Окружность грудной клетки замеряют на вдохе и на выдохе. Становую силу определяют с помощью станового динамометра с точностью до 1 кгс 3 раза с паузами отдыха по 2—3 мин. Фиксируется максимальный результат. Силу сжатия кистей рук измеряют с точностью до 1 кгс с помощью ручного динамометра. Данные антропометрических измерений у кандидатов для обучения по специальности «водолаз» должны соответствовать следующим требованиям:

- рост 165—185 см;
- становая сила не менее 200 % от массы тела;
- показатель состояния питания 400–450 г массы тела на 1 см роста;
- сила правой кисти не менее 55 кгс, левой — не менее 50 кгс;
- жизненная емкость легких не менее 3500 см³.

7.1.6. В поликлинике на каждого освидетельствованного кандидата заводится медицинская карта амбулаторного больного, в которую заносятся данные предварительного медицинского освидетельствования.

7.1.7. Ответственность за полноту, тщательность освидетельствования кандидатов и правильность экспертного заключения по своей специальности несет врач-специалист. Врачи-специалисты проводят медицинский осмотр в соответствии с «Программой медицинских и функциональных исследований при отборе и освидетельствовании кандидатов в водолазы, водолазов, водолазных специалистов и водолазных врачей», представленной в действующей инструкции по медицинскому освидетельствованию водолазов. Указанной Программой предусматривается проведение врачами-специалистами следующих исследований:

7.1.7.1. Исследование внутренних органов, включающее:

- изучение анамнеза для исключения пароксизмальных расстройств сознания, судорожных припадков, приступов стенокардии, почечной, печеночной, кишечной колики и т.д.;

- физикальное исследование внутренних органов;
- рентгеноскопию органов грудной клетки, рентгеноскопию желудка и двенадцатиперстной кишки (при первичном осмотре, в дальнейшем 1 раз в 5 лет и по показаниям);

- электрокардиографию в 12 отведениях в покое, а также по Небу до, во время и после выполнения физической нагрузки;

- исследование функции внешнего дыхания;
- лабораторные методы исследований: клинический анализ крови; биохимический анализ крови (общий белок, электрофорез белков, общий билирубин, свободный билирубин, глюкоза, холестерин, протромбиновый индекс, остаточный азот, креатинин, липопротеиды, минеральный состав крови, показатели кислотно-основного состояния, щелочная фосфатаза, амилаза и ингибитор трипсина, белковосвязывающий йод); определение времени свертывания крови и времени кровотечения; иммунологические исследования (титр антигалактуридазы, антистрептолизина, С-реактивный белок, комплемент, иммуноглобулин, реакция Вассермана, поверхностный антиген гепатита В и антитела к нему, группа крови, резус-фактор); сахарный профиль с нагрузкой; общий анализ мочи; определение в моче амилазы; копрологическое исследование; исследование кала на простейшие, гельминты и патогенные бактерии.

7.1.7.2. Исследование нервной системы, включающее:

- детальное изучение анамнеза: наследственность, сведения о рождении и развитии, перенесенные заболевания или отравления (в том числе профессиональные), травмы (электротравмы), ранения, контузия;

- исследование состояния сознания, двигательной, рефлекторной, чувствительной, координационной и вегетативной сфер нервной системы традиционными и специальными методами;

- рентгенографию костей черепа (при первичном осмотре, в дальнейшем по показаниям);

- исследование биоэлектрической активности головного мозга методом электроэнцефалографии (по показаниям);

- исследование кровенаполнения и тонуса сосудов головного мозга методом реоэнцефалографии (по показаниям);

- психиатрическое исследование.

7.1.7.3. Хирургическое исследование, включающее:

- антропометрию;

- изучение анамнестических данных о перенесенных заболеваниях, травмах и оперативных вмешательствах;

- наружный осмотр: оценка состояния кожи, подкожной клетчатки, мышечного аппарата, лимфатической системы, костно-суставного аппарата, периферических сосудов, паховых колец, пупочного кольца, пальпация живота;

- рентгенографию плечевых, тазобедренных, локтевых и коленных

суставов в двух проекциях (при первичном осмотре, в дальнейшем - 1 раз в 3 года);

- рентгенографию шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника в двух проекциях (при первичном осмотре, в дальнейшем — 1 раз в 5 лет);

- обзорный рентгенологический снимок почек (используется снимок пояснично-крестцового отдела позвоночника) - при первичном осмотре.

7.1.7.4. Офтальмологическое исследование, включающее:

- осмотр органов зрения;
- определение остроты зрения;
- определение цветоощущения;
- исследование глазодвигательного аппарата и бинокулярного зрения;

- определение ближайшей точки ясного зрения;
- определение ближайшей точки конвергенции;
- определение рефракции (скиаскопия, рефрактометрия);
- биомикроскопию и офтальмоскопию при узких зрачках;
- определение полей зрения;
- исследование ночного зрения;
- тонометрию глаз (при первичном осмотре, после 40 лет ежегодно).

7.1.7.5. Отоларингологическое исследование, включающее:

- экзо- и эндоскопию;
- исследование функций ЛОР-органов: обоняния, носового дыхания, барофункции ушей и придаточных пазух носа (отоманометрия), слуховой функции (шепотная речь — ежегодно, тональная и речевая аудиометрия - при первичном осмотре, а после 40 лет - ежегодно, в необходимых случаях — камертональное и другие исследования);

- исследование вестибулярной функции: проба с непрерывным кукулятивным воздействием ускорения Кариолиса (проба НКУК);
- рентгенографию придаточных пазух носа (при первичном осмотре и по показаниям).

7.1.7.6. Стоматологическое исследование, включающее:

- расширенную стоматоскопию;
- ортопантомографию (по показаниям).

7.1.7.7. Дерматологическое исследование, включающее определение состояния кожных покровов и видимых слизистых на наличие грибковых, гнойничковых поражений и других заболеваний, препятствующих допуску к выполнению водолазных работ.

7.1.7.8. Функциональные исследования, включающие:

- ортостатическую пробу;
- глазо-сердечную пробу (Ашнера);
- велоэргометрию с регистрацией ЭКГ, артериального давления и исследование функции внешнего дыхания (газообмен).

7.1.8. Целесообразно также проведение исследований индивидуальной чувствительности кандидатов в водолазы к гипоксии, декомпрессионной болезни, токсическому действию кислорода и азотному нар-

козу, что предусмотрено проектом новой «Инструкции по отбору и освидетельствованию специалистов водолазной службы».

7.1.9. Кандидаты, отбираемые для обучения по специальности «водолаз» для выполнения работ на глубинах до 60 м, должны иметь:

- сильную уравновешенную нервную систему, устойчивую эмоциональную сферу, отсутствие хронических заболеваний центральной и периферической нервной системы, наркомании, токсикомании, хронического алкоголизма;
- полноценную сердечно-сосудистую систему, пульс 60—80 уд/мин, максимальное артериальное давление в пределах от 110 до 130 мм рт.ст., минимальное — от 60 до 85 мм рт.ст., отсутствие болезней сердца независимо от степени их компенсации, отсутствие признаков поражения венозного кровообращения (расширение вен семенного канатика, геморрой, расширение вен нижних конечностей, облитерирующие заболевания сосудов);
- хорошую переносимость функциональных нагрузочных проб;
- отсутствие какой-либо органической патологии со стороны органов дыхания (бронхиальная астма, эмфизема, хронический бронхит и др.), мочевыводящих путей, печени и желчных путей с обострениями;
- нормальную речь с ясным и четким произношением слов;
- слух на восприятие шепотной речи не менее 6 м, отсутствие хронических отитов, атрофических рубцов барабанных перепонок, хронического евстахеита, нарушений функции вестибулярного аппарата (в том числе болезни Меньера или меньероподобного синдрома);
- хороший жевательный аппарат, правильный прикус. Наличие съемных протезов рассматривается как противопоказание к обучению водолазной специальности (при наличии несъемных протезов вопрос решается индивидуально);
- отсутствие стойких выраженных функциональных расстройств секреторной и двигательной функций желудка (атонии, ахилии, хронических гастритов) и кишечника;
- полноценный опорно-двигательный аппарат, отсутствие обширных рубцов мягких тканей, различных видов грыж (паховых, бедренных, пупочных), искривлений, укорочения и нарушения подвижности конечностей, пороков развития опорно-двигательного аппарата и последствий травм, затрудняющих использование водолазного снаряжения и не позволяющих выполнять тяжелую физическую работу под водой;
- отсутствие повреждений пальцев кистей рук, препятствующих выполнению водолазных работ;
- остроту зрения не ниже 0,8 на каждый глаз без коррекции;
- отсутствие заболеваний глаз, ведущих к стойкому нарушению функции зрения, хронических заболеваний краев век, конъюнктивы и слезных путей глаз;
- отсутствие хронических кожных заболеваний, в том числе пузырчатки, легких форм чешуйчатого лишая, пиодермии, эпидермофитии, экземы и других заболеваний кожи (волосистой части головы), трудно поддающихся лечению.

Объем исследований при очередных годовых освидетельствованиях может быть расширен при наличии соответствующих показаний.

7.1.10. Оценка состояния здоровья обследуемого кандидата производится в соответствии с приложением 4 приказа Минздравмедпрома России от 14 марта 1996 г. № 90 «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии» (приложение 3 настоящей книги) и с графой III «Расписания болезней», представленных в «Инструкции по медицинскому отбору и освидетельствованию водолазов» (1986 г.). В приложении 21 настоящей книги приведены анатомические, физиологические и клинико-биохимические показатели здорового человека для оценки результатов обследований кандидатов в водолазы и водолазов.

7.1.11. Если в процессе медицинского осмотра кандидата одним из врачей-специалистов будет выявлено заболевание или физический недостаток, являющийся противопоказанием для обучения по специальности «водолаз», то дальнейшие исследования не проводятся, и ВКЭК выносит окончательное решение о негодности кандидата для обучения водолазной специальности.

7.1.12. В период обучения по специальности «водолаз» на каждого курсанта заводится амбулаторная карта, куда заносятся подробные данные медицинских исследований специалистов при первичном медицинском осмотре и данные обращений за медицинской помощью, а также Личная медицинская книжка водолаза, в которую записываются результаты первичного, а в последующем — периодических медицинских осмотров.

В период обучения врачами водолазной школы осуществляется контроль состояния здоровья курсантов. Анализируется амбулаторная история болезни обучающихся, данные их медицинских осмотров до и после спусков под воду. Особое внимание обращается на психологические качества курсантов, реакцию организма в период подготовки к спуску, поведение в период пребывания под водой (в барокамере) и состояние организма после окончания спуска. Если во время обучения возникают сомнения в профессиональной годности курсанта или если в состоянии его здоровья наступили неблагоприятные изменения, то вопрос о целесообразности его дальнейшего обучения по специальности «водолаз» решается ВКЭК, участвующей в допуске кандидата к дальнейшему обучению.

7.1.13. По окончании обучения по специальности «водолаз» курсанты проходят повторный медицинский осмотр специалистами лечебно-профилактического учреждения с выдачей окончательного заключения ВКЭК о профессиональной пригодности к работе водолазом. При этом учитываются результаты динамического медицинского наблюдения в процессе обучения и приобретенные практические навыки погружений под воду. Личная медицинская книжка водолаза, окончившего водолажную школу, и амбулаторная карта пересылаются отделом кадров учебного заведения на место будущей работы водолаза.

7.1.14. Периодические медицинские освидетельствования водолазный состав предприятий должен проходить ежегодно, как правило, в

поликлинических условиях больниц, на которые возложено медицинское обеспечение водолазов в межспусковой период. В случае необходимости медицинское освидетельствование водолазов проводится в стационарных условиях.

7.1.15. Периодические освидетельствования водолазов организуют водолазные врачи, за которыми закреплено соответствующие плавсредства (участки, береговые водолазные станции). Медицинское освидетельствование водолазов проводится ВКЭК лечебно-профилактического учреждения, которое осуществляет медицинское обеспечение водолазов данного водолазного подразделения в межспусковой период. Целями периодических медицинских освидетельствований являются динамическое наблюдение за состоянием здоровья водолазов, профилактика и своевременное выявление заболеваний, установление (подтверждение) по состоянию здоровья максимальной глубины спусков под воду и в барокамере на текущий год, а также выявление лиц, негодных к водолажным спускам. Периодические медицинские освидетельствования водолазов проводятся в соответствии с приказом Минздравмедпрома России от 14 марта 1996 г. № 90 «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии» и с действующей инструкцией по медицинскому освидетельствованию водолазов. Один раз в 3 года медицинское освидетельствование водолазов должно проводиться в Центре профпатологии или в Центральной водолазной клинико-экспертной комиссии (ЦВКЭК).

7.1.16. В период подготовки к очередному медицинскому освидетельствованию водолазов лечебно-профилактическое учреждение, на которое возложено медицинское обеспечение водолазов в межспусковой период, совместно с администрацией предприятия (организации), в ведении которого находится водолазный состав, обязаны:

- провести антропометрические измерения в соответствии с п. 7.1.4;
- организовать проведение исследований сердечно-сосудистой системы, рентгенологических и лабораторных исследований в соответствии с п. 7.1.7.1;
- подготовить амбулаторные карты и Личные медицинские книжки водолаза;
- подготовить на каждого обследуемого водолаза водолазно-медицинские характеристики;
- получить справки из наркологического и кожно-венерологического диспансеров о том, что водолазы не стоят у них на учете.

7.1.17. Водолазно-медицинская характеристика составляется водолазным специалистом и водолазным врачом и заверяется печатью организации, в ведении которой находится водолаз.

В водолазно-медицинской характеристике должны быть отражены профессиональный анамнез, анамнез жизни, состояние здоровья и деловые качества:

- когда и где получил профессиональную подготовку;
- водолазный стаж в годах, количество подводных спусковых часов (отдельно за последний год), достигнутые максимальные глубины;

- используемое снаряжение;
- условия работы, виды выполняемых водолазных работ (отдельно за последний год);

- водолазные и деловые качества (приспособляемость к работе в условиях водной и гипербарической среды, качество ее выполнения, способность осваивать новые виды и образцы водолазного снаряжения, новые виды и методы водолазных работ, исполнительская дисциплина, характер поведения в стрессовых, угрожающих жизни ситуациях, чувство долга, выдержка);

- устойчивость к воздействию факторов гипербарии и водной среды;
- перенесенные профессиональные (специфические и неспецифические) заболевания и производственные травмы (обстоятельства и условия их возникновения, тяжесть, лечение, исход);

- перенесенные за последний год общие заболевания, приведшие к временной утрате трудоспособности (по данным листов временной нетрудоспособности);

- вредные привычки;
- отношение к спорту и спортивные достижения;
- предполагаемые перспективы профессионального использования водолаза (глубины, снаряжение, виды работ, обязанности).

7.1.18. При периодических медицинских освидетельствованиях водолазов к их здоровью предъявляются требования, предусмотренные приложением 4 приказа Минздравмедпрома России от 14 марта 1996 г. № 90 «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии» и с «Расписанием болезней» действующей инструкции по медицинскому освидетельствованию водолазов. При этом возраст водолаза не должен превышать 50 лет, максимальное артериальное давление допускается в пределах от 100 до 145 мм рт.ст., минимальное - от 60 до 90 мм рт.ст., частота пульса - от 50 до 90 уд/мин. Исследования врачами-специалистами проводится в объеме «Программы медицинских и функциональных исследований при отборе и освидетельствовании кандидатов в водолазы, водолазов, водолазных специалистов и водолазных врачей», представленной в действующей инструкции по медицинскому освидетельствованию специалистов водолазной службы.

Если в ходе медицинского освидетельствования у водолаза будет диагностировано острое заболевание или обострение хронического заболевания, то он должен быть направлен на стационарное или амбулаторное лечение. Экспертное заключение о степени годности водолазов, нуждающихся в лечении, выносится ВКЭК после завершения лечения.

7.1.19. ВКЭК, руководствуясь требованиями вышеперечисленных документов, результатами медицинских осмотров врачами-специалистами и данными водолазно-медицинских характеристик обследуемых водолазов, может установить для них следующие глубины погружений на текущий год:

- глубина до 60 м,
- глубина до 45 м,

- глубина до 20 м,
- глубина до 12 м.

Глубина 60 м устанавливается для водолазов, полноценных по состоянию здоровья, с хорошими функциональными показателями, с хорошей адаптацией организма к физической нагрузке и к условиям спуска на глубину 60 м. При выявлении индивидуальной предрасположенности к наркотическому действию азота, несмотря на полноценное здоровье водолаза, ему устанавливается допустимая предельная глубина спусков 45 м. Глубины до 20 м устанавливаются для водолазов при наличии у них незначительных функциональных нарушений, практически не препятствующих выполнению водолазных работ на этих глубинах. Глубина 12 м устанавливается для водолазов с большим стажем и опытом водолазных работ, но имеющих возрастные изменения без стойких выраженных функциональных нарушений. Одновременно для всего водолазного состава выносится заключение о допуске к спускам в барокамерах под давлением до 10 кгс/см² (100 м вод.ст.) по графе III расписания болезней.

7.1.20. Ответственность за полноту, тщательность и правильность экспертного заключения по своей специальности несет врач-специалист ВКЭК. Ответственность за качество медицинского освидетельствования и обоснованность заключения в целом несет председатель ВКЭК, который совместно с водолажным врачом и водолажным специалистом (членами ВКЭК) принимает решение о допустимой для свидетельствуемого водолаза глубине погружений на текущий год и спусков в барокамере (с учетом состояния здоровья, возраста и профессиональных качеств). По показаниям намечаются необходимые лечебно-оздоровительные мероприятия.

7.1.21. Результаты медицинского освидетельствования и заключение ВКЭК вносятся в Личную книжку водолаза, в Личную медицинскую книжку водолаза и заверяются подписью председателя ВКЭК и печатью лечебно-профилактического учреждения. Срок действия заключения ВКЭК, если не показано досрочное медицинское освидетельствование, составляет 1 год.

7.1.22. Динамическое наблюдение за состоянием здоровья водолазов с целью раннего выявления у них заболеваний, осуществляемое водолажными врачами и фельдшерами врачебных и фельдшерских здравпунктов, включает медицинские осмотры и расширенные медицинские осмотры.

Медицинские осмотры водолазов, выполняемые водолажными врачами (фельдшерами), проводятся 1 раз в 3 месяца в объеме медицинского осмотра перед спуском и после его окончания (опрос самочувствия, замер температуры тела в подмышечной области, подсчет частоты пульса и измерение артериального давления).

Расширенный медицинский осмотр водолазов в порядке динамического наблюдения проводится водолажным врачом через 6 месяцев после очередного медицинского освидетельствования ВКЭК. При этом помимо мероприятий, входящих в медицинский осмотр до и после спуска, проводится осмотр ЛОР-органов, исследование внутренних органов (выслушивание сердца и легких, пальпация органов брюшной по-

лости), а также при наличии показаний инструментальное исследование в условиях лечебно-профилактического учреждения.

7.1.23. Результаты проводимых водолазными врачами (фельдшерами) медицинских осмотров и углубленных медицинских осмотров заносятся в Личную медицинскую книжку водолаза. По результатам этих осмотров водолазный врач (фельдшер) имеет право временно отстранять водолаза от спусков с соответствующей записью в Личной медицинской книжке водолаза. При необходимости назначаются консультации врачей-специалистов лечебно-профилактических учреждений или лечебно-оздоровительные мероприятия.

Водолазы, просрочившие ежегодный медицинский осмотр более чем на 1 месяц, к спускам под воду не допускаются.

7.2. Оказание медицинской помощи при обращении водолазов

7.2.1. Водолазный врач (фельдшер), осуществляющий медицинское обеспечение водолазов в межспусковой период, должен в случае активного выявления заболевания или при обращении водолазов оказывать им первую медицинскую помощь медикаментозными средствами, имеющимися в водолазной аптечке (приложение 9) или в наборе водолазного врача (приложение 10). В случае возникновения у водолаза заболеваний и травм, требующих оказания неотложной медицинской помощи, водолазный врач (фельдшер) действует в соответствии с рекомендациями, изложенными в приложении 18.

7.2.2. При отсутствии на водолазной станции водолазного врача в случае возникновения у водолаза заболеваний жизненно важных органов (центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы, органов дыхания), простудных, инфекционных и других заболеваний лицо, осуществляющее медицинское обеспечение водолазов, должно после оказания первой помощи заболевшему водолазу срочно доложить о состоянии заболевшего водолаза и принятых мерах водолазному врачу (фельдшеру) или дежурному врачу лечебного учреждения и в дальнейшем действовать по их указаниям.

7.2.3. При необходимости заболевший (пострадавший) водолаз направляется на консультацию, амбулаторное или стационарное лечение в лечебно-профилактическое учреждение. Результаты лечения заболевшего водолаза в лечебно-профилактическом учреждении должны быть записаны в Личную медицинскую книжку водолаза, которая должна быть возвращена по месту работы водолаза после окончания лечения.

В случае появления у водолазов травматических повреждений с утратой трудоспособности или при несчастных случаях с водолазами водолазный врач (фельдшер) здравпункта должен в течение суток с момента оказания водолазу медицинской помощи оформить учетную документацию или принять участие в ее оформлении.

Правила заполнения и рассылки учетной документации представлены в приложении 11 книги.

Допуск водолаза после амбулаторного или стационарного лечения производится врачом (фельдшером) здравпункта, за которым закреплена водолазная станция, с указанием срока освобождения водолаза от спусков под воду в соответствии с приложением 16 на основании записей в листке нетрудоспособности. Эти данные вносятся в Личную медицинскую книжку водолаза. После перенесенного профессионального заболевания, если предполагается, что водолаз в дальнейшем вернется к выполнению водолазных работ, ему может быть выдан трудовой больничный лист на срок до 10 дней с продлением максимум до 2 мес, в течение которых водолаз может трудиться без выполнения спусков под воду. Период работы по трудовому больничному листу должен также использоваться для динамического медицинского наблюдения и реабилитации.

7.2.4. Выявление инфекционных больных осуществляется водолажным врачом (фельдшером) во время медицинских осмотров водолазов и в процессе повседневного наблюдения за ними. При появлении инфекционных заболеваний водолазный врач (фельдшер) должен принять меры к изоляции и госпитализации больных, доложить об этом главному врачу лечебно-профилактического учреждения, осуществляющего медицинское обеспечение водолазов, и действовать по указаниям главного врача.

7.2.5. В случае выявления у водолаза в результате заболевания или травматического повреждения отклонений в состоянии здоровья, которые являются обратимыми и требуют дополнительного лечения (не более 4 месяцев), пострадавший после окончания лечения в стационарных условиях направляется на ВКЭК, где ему устанавливается временная негодность к водолажным спускам. При необходимости более продолжительного лечения ВКЭК выносит заключение о негодности водолаза к водолажным работам. В этом случае водолаз направляется на медико-социальную экспертизу (МСЭ) в соответствии с действующим положением.

7.2.6. Для поддержания постоянной готовности к оказанию помощи заболевшему или пострадавшему водолазу водолазный врач должен ежемесячно проверять в наборе водолазного врача, а также в водолазных аптечках на каждой водолазной станции наличие полного комплекта медикаментов, перевязочного материала и инструментария с записью результатов проверки в Журнале водолазных работ. При этом проверяются сроки годности лекарственных средств. Медикаменты с истекшими сроками хранения должны списываться в установленном порядке. В случае необходимости водолазный врач организует доукомплектование набора и аптечек необходимыми медикаментозными средствами, перевязочным материалом и инструментарием. Использовать имущество водолазной аптечки и набора водолазного врача не по назначению запрещается.

7.2.7. По данным учета специфической и неспецифической заболеваемости, а также учета трудопотерь водолазов водолазный врач (фельдшер) разрабатывает рекомендации по проведению лечебно-оздоровительных мероприятий (закаливание организма, физическая подготовка, организованный отдых и т.д.).

7.3. Контроль соблюдения режимов труда, отдыха и питания водолазов в межспусковой период

7.3.1. В межспусковой период при отсутствии заданий на выполнение производственных водолазных работ водолазный врач должен контролировать соблюдение режима труда и отдыха водолазов, а также поддержание их готовности к спускам после длительных перерывов. Для этого он организует проведение тренировочных спусков водолазов в барокамере и под воду с целью:

- сохранения уровня тренированности водолазов к работам на достигнутых глубинах;
- допуска водолазов к работам на глубинах, превышающих ранее достигнутые;
- поддержания состояния тренированности организма к механическому действию повышенного давления, к наркотическому действию азота и к факторам декомпрессии;
- обеспечения возможности оказания помощи пострадавшему водолазу при проведении лечебной рекомпрессии;
- выполнения водолазами обязательных (минимальных) годовых норм часов пребывания под водой.

7.3.2. В межспусковой период общая продолжительность сна водолазов должна составлять не менее 8 ч, а время непрерывного сна — не менее 6 ч в сутки.

7.3.3. Водолазный врач должен ежемесячно проверять готовность водолазов к спускам в соответствии с приложением 17. Обращает внимание на сохранение уровня тренированности водолазов к работам на достигнутых глубинах, поддержание состояния тренированности к механическому действию повышенного давления, к наркотическому действию азота и к факторам декомпрессии.

7.3.4. Обязательные (минимальные) годовые нормы часов пребывания водолазов под водой определяются действующим «Положением о порядке присвоения класса квалификации водолазов». В случаях, когда эти нормы не обеспечиваются фактическим объемом выполняемых работ, необходимо просить руководителей предприятий об организации для водолазов тренировочных спусков под воду и в барокамерах. Это время засчитывается в обязательные годовые нормы пребывания под водой. Водолазам, не выполнившим годовой нормы спусковых часов в связи с профзаболеванием, данный год засчитывается в рабочий стаж по специальности «водолаз» для сохранения всех льгот, положенных водолазу.

7.3.5. Спуски водолазов на ранее достигнутые глубины после длительного перерыва в работе или на глубины, превышающие ранее достигнутые, водолазами должны проводиться только после выполнения тренировочных спусков в соответствии с приложением 17. Количество тренировочных спусков определяется индивидуально для каждого водолаза с учетом их тренированности и индивидуальных особенностей.

7.3.6. Водолазный врач организует и проводит совместно со старшиной водолазной станции тренировочные спуски водолазов и медицинс-

ких работников в барокамере на воздухе под давлением до 8-10 кгс/см² (80—100 м вод.ст.) с целью приобретения и поддержания устойчивости организма к механическому действию повышенного давления, к наркотическому действию азота и к факторам декомпрессии в соответствии с методикой, изложенной в п. 7.4.

7.3.7. За работу во вредных условиях водолазам предоставляются дополнительные отпуска, которые суммируются с ежегодным отпуском, предоставляемым по графику. Определение выполнения годовой нормы часов работы для предоставления дополнительного отпуска производится за 12 календарных месяцев, предшествующих предоставлению отпуска. Ежегодный отпуск работникам, занятым на работах вахтовым методом, предоставляется в установленном порядке после использования дней отдыха (отгулов). За время пребывания под водой (в барокамере) водолазы, водолазные специалисты, работники предприятий, имеющие соответствующие допуски к работе под водой и спускающиеся под воду для выполнения служебных обязанностей (в том числе медицинские работники), получают почасовую оплату в соответствии с Постановлением Минтруда России от 11.01.1996 № 2 «Об утверждении Положения об условиях оплаты труда водолазов и других работников организаций, финансируемых из бюджетных источников, за подводные работы» (приложение 23 к настоящей книге).

7.3.8. В межспусковой период, как и в дни работы под водой, целесообразно соблюдать общие принципы рационального питания, изложенные в пп. 6.4.11-6.4.21. В выходные дни и во время отпусков ассортимент питания можно расширить по сравнению с рекомендованным во время проведения водолазных работ. В частности, могут употребляться мясные и рыбные супы, жареные блюда, сало, капуста, фасоль, горох, бобы и др.

Как и в дни проведения водолазных работ, в межспусковой период целесообразно периодически (продолжительностью до 1 месяца в квартал) взамен витаминизации блюд витамином С применять комплексные поливитаминные препараты (см. п. 6.4.14).

7.3.9. Рацион лечебно-профилактического питания (см. приложение 20) кроме дней фактического выполнения водолажных работ выдается также в дни болезни при профзаболевании с временной утратой трудоспособности без госпитализации. При инвалидности вследствие профзаболевания питание по этому рациону выдается до прекращения инвалидности, но не свыше 6 месяцев со дня установления инвалидности. При временном переводе на другую работу в связи с профзаболеванием лечебно-профилактическое питание выдается не свыше 6 месяцев.

7.3.10. При невозможности получения лечебно-профилактического питания в столовой по состоянию здоровья или из-за отдаленности местожительства в период временной нетрудоспособности или инвалидности вследствие профзаболевания допускается выдача этого питания на дом в виде готовых блюд только по соответствующим справкам медсанчасти (здравпункта) предприятия, а при ее отсутствии - по справкам лечебно-профилактического учреждения, осуществляющего медико-санитарное обеспечение водолазов. Во всех других случаях выдача на дом го-

товых блюд лечебно-профилактического питания не допускается.

7.3.11. Лечебно-профилактическое питание не выдается в нерабочие дни, дни отпусков, служебных командировок с отрывом от производства, в дни работы на других участках, где лечебно-профилактическое питание не установлено, в дни выполнения общественных обязанностей, в период временной нетрудоспособности при общих заболеваниях, в дни пребывания в больнице или санатории на лечении, а также в период пребывания в профилактории.

7.3.12. Водолазный врач должен проводить систематическую работу с водолазным составом по недопустимости приема наркотиков, курения, злоупотребления алкоголем. Наркотики и алкоголь снижают умственную и физическую работоспособность организма, повышают вероятность возникновения аварийных ситуаций, действуют разрушающе на многие системы организма. Одним из вредных последствий курения является кашель, приступ которого во время водолазного спуска может привести к спазму голосовой щели, следствием чего может быть баротравма легких во время подъема водолаза.

7.4. Организация и методика проведения тренировочных спусков в барокамере

7.4.1. Основной целью тренировочных спусков в барокамере водолазного состава и медицинских работников, осуществляющих медицинское обеспечение водолазных спусков и водолазов в межспусковой период, является поддержание состояния тренированности организма к действию механического давления, наркотического действия азота и факторов декомпрессии, что необходимо для обеспечения готовности персонала водолазной станции к выполнению водолазных работ на глубинах до 60 м, аварийных работ на глубинах до 80 м и оказанию помощи пострадавшему водолазу в барокамере под давлением до 10 кгс/см² (100 м вод.ст.). В соответствии с назначением существует 3 вида тренировочных спусков в барокамерах:

- для приобретения первичной устойчивости организма водолазов и водолазных специалистов, а также водолазных врачей (фельдшеров) к азотному наркозу и другим гипербарическим факторам;
- ежемесячные спуски этих лиц для поддержания устойчивости организма к факторам повышенного давления;
- для допуска водолазов к спускам под воду, водолазов и медицинского персонала - в барокамере в зависимости от достигнутых глубин и перерывов между спусками, а также для допуска водолазов к спускам на глубины, превышающие достигнутые.

7.4.2. Для приобретения первичной устойчивости организма к наркотическому действию азота и другим факторам повышенного давления водолазы и водолазные специалисты, а также водолазные врачи (фельдшера) должны пройти последовательно в течение месяца с интервалом не менее 1-2 дней 2 спуска в барокамере под давлением 40 м вод.ст. с экспозицией 20 мин и 80 м вод.ст. - 15 мин, а водолазный со-

став, допущенный к медицинскому обеспечению водолазных спусков, водолазные врачи и фельдшера — дополнительно 3-й спуск в барокамере под давлением 100 м вод.ст. с экспозицией 10 мин.

7.4.3. Для поддержания устойчивости организма к наркотическому действию азота и другим гипербарическим факторам лица, допущенные к медицинскому обеспечению спусков, водолазные врачи и фельдшера при наличии допуска к спускам в барокамере при данном давлении независимо от наличия или отсутствия спусков под воду проходят тренировочные спуски в барокамере 1-2 раза в месяц (в зависимости от производственных условий) под давлением 100 м вод.ст. с экспозицией 10 мин и 1 раз в квартал с экспозицией 20 мин. Остальной водолазный состав проходит ежемесячные тренировки к наркотическому действию азота в барокамере под давлением 80 м вод.ст. с экспозицией 15 мин в зависимости от производственной необходимости.

7.4.4. Режимы декомпрессии при проведении тренировочных спусков в барокамере для приобретения первичной устойчивости и поддержания устойчивости к наркотическому действию азота и других факторов повышенного давления представлены в табл. 21.

7.4.5. При перерывах между спусками под воду проводятся тренировочные спуски в барокамере и под воду в соответствии с приложением 17. В этом случае тренировочные спуски в барокамере в промежутке между спусками также проводятся по режимам таблицы 21.

7.4.6. Тренировочные спуски в барокамерах проводятся по планам, утвержденным капитаном плавсредства (начальником участка). Спуски выполняются в соответствии с суточным планом водолажных спусков, в котором приводится расписание постов обслуживания барокамеры, назначается руководитель спуска и лицо, осуществляющее медицинское обеспечение. В случае осуществления медицинского обеспечения водолажным врачом или фельдшером ход тренировочного спуска фиксируется в Журнале протоколов водолажных спусков (приложение 8). Если медицинское обеспечение проводится лицом водолазного состава, допускаются основные данные по тренировочному спуску фиксировать только в Журнале водолажных работ.

7.4.7. До начала тренировочного спуска производится подготовка и рабочая проверка барокамеры и средств ее обеспечения, о чем делается запись в Журнале протоколов спуска и в Журнале водолажных работ (или только в Журнале водолажных работ при медицинском обеспечении спуска лицом водолазного состава). При этом лицо, осуществляющее медицинское обеспечение, контролирует наличие в отсеках барокамеры необходимого имущества согласно описи и проверяет укомплектованность водолазной аптечки медикаментами и имуществом.

7.4.8. Проверяется дата проведения последнего анализа воздуха в центре Госсанэпиднадзора, химлаборатории или водолазно-медицинском кабинете (со времени проведения анализа должно пройти не более 3 месяцев), а в случае отсутствия в системе газоснабжения фильтра очистки от окиси углерода делается экспресс-анализ воздуха в соответствии с методикой, изложенной в приложении 13, с записью результатов в

Таблица 21. Режимы декомпрессии водолазного состава и медицинского персонала при тренировках в барокамере

Этапы тренировочных режимов	Номер режима			
	1	2	3	4
Наибольшее давление, м вод.ст.	40	80	100	100
Время выдержки под наибольшим давлением, мин	20	15	10	20
Время перехода до 1-й остановки, мин	5	8	8	10
Давление на остановках, м вод.ст.	Время выдержек на остановках, мин			
54	—	—	—	2
52	—	—	—	2
50	—	—	—	2
48	—	—	—	2
46	—	—	—	2
44	—	—	—	2
42	—	—	—	2
40	—	—	—	3
38	—	—	—	3
36	—	—	1	4
34	—	—	2	4
32	—	—	2	4
30	—	—	2	4
28	—	—	2	5
26	—	—	2	5
24	—	4	2	5
22	—	5	3	6
20	—	6	3	6
18	—	7	4	8
16	—	8	5	12
14	—	10	5	16
12	—	12	8	20
10	5	14	10	30
8	6	16	15	50
6	10	18	30	70
4	12	20	50	150
2	20	30	80	190
Общее время декомпрессии	0 ч 58 мин	2 ч 38 мин	3 ч 54 мин	10 ч 19 мин

Журнале анализов воздуха, дыхательных газовых смесей, поглотительных и регенеративных веществ.

7.4.9. Допуск водолазов и медицинского персонала к спуску в барокамере осуществляется на основании результатов медицинского осмотра, лицом, проводящим медицинское обеспечение. При этом производится опрос жалоб, измеряется температура тела, частота пульса и артериальное давление. Допустимые пределы температуры тела 36,0—37,0 °С, частоты пульса 60–80 ударов в минуту, максимального артериального давления 100—140 мм рт.ст. и минимального 50—90 мм рт.ст. Результаты медицинского осмотра записываются в Журнал медицинских опросов и осмотров водолазов и Личную медицинскую книжку водолаза.

При допуске водолазов и медперсонала к тренировочным спускам в барокамере лицо, проводящее медицинское обеспечение водолазных спусков, учитывает также фактические перерывы в спусках каждого лица, назначенного на спуск, и сроки сохранения уровня тренированности, представленные в приложении 18 к Руководству.

7.4.10. Перед погружением в барокамере руководитель спуска и лицо, осуществляющее медицинское обеспечение, должны провести инструктаж спускающихся водолазов по правилам поведения в барокамере и напомнить основные меры безопасности при нахождении в барокамере под давлением. В группе спускающихся назначается старший, который отвечает за порядок в барокамере и поддерживает связь с руководителем спуска и лицом, осуществляющим медицинское обеспечение.

7.4.11. При заходе в барокамеру должны соблюдаться следующие меры противопожарной безопасности и меры по предупреждению специфических и неспецифических заболеваний водолазов:

- лица, входящие в барокамеру, не должны иметь при себе табачных изделий, спичек и зажигалок; в барокамере запрещается зажигать огонь и курить;
- запрещается иметь в барокамере обувь с металлическими набойками во избежание образования искры при трении о металлические поверхности барокамеры;
- не допускается передавать сигналы ударами стальных предметов о корпус камеры;
- одежда должна соответствовать условиям пребывания в барокамере (с учетом времени года при размещении барокамеры на открытой палубе);
- должны отсутствовать детали одежды и предметы, которые могут затруднить кровообращение отдельных участков тела: тугие воротнички, тугие ремешки часов, резинки и тугие манжеты рукавов, завязки кальсон, носки с резинками, тесная обувь и т.п.

7.4.12. В период компрессии в барокамере лицо, осуществляющее медицинское обеспечение, наблюдает через иллюминатор за поведением людей, находящихся в барокамере, контролирует величину давления по манометру и скорость его повышения. Под давлением 2 м вод.ст. должна быть сделана кратковременная остановка для проверки герметичности барокамеры (отсека барокамеры). При нормальной герметичности в случае использования в начале компрессии прижимных устройств люков они должны быть сняты, после чего при хорошем самочувствии находя-

щихся в барокамере лиц повышение давления может быть продолжено. Скорость компрессии до 10 м вод.ст. не должна превышать 10 м/мин, а в дальнейшем — 20 м/мин. Кроме того, руководитель спуска через каждые 10 м «глубины» должен запрашивать по телефону самочувствие находящихся в барокамере. Старший группы в барокамере, опросив по очереди самочувствие каждого водолаза, докладывает результаты опроса по телефону или стуком в соответствии с таблицей условных сигналов.

7.4.13. Если в начальный период компрессии кто-либо из находящихся в барокамере заявит о появлении ощущения давления либо болей в ушах или в области придаточных пазух носа, то лицо, осуществляющее медицинское обеспечение, рекомендует прекратить компрессию в барокамере и в случае отсутствия эффекта от продувания снизить давление в барокамере на 1-2 м вод.ст. Дальнейшую компрессию в барокамере разрешается проводить только после полного исчезновения болей. Если, несмотря на снижение давления и применение маневров продувания, боли у пострадавшего не проходят, то необходимо снизить давление в барокамере до нормального и вывести пострадавшего из барокамеры. Повторный спуск оставшихся в барокамере лиц проводится в обычном порядке.

7.4.14. Если в ходе последующего наблюдения через иллюминатор лицом, осуществляющим медицинское обеспечение, будет выявлено наличие у кого-либо явных признаков азотного наркоза, то старшему группы в барокамере необходимо дать указание об усилении контроля за ним. Если поведение водолаза или медицинского работника в барокамере продолжает оставаться неадекватным (неверная реакция на указания руководителя спуска и старшего группы, проявления агрессивности и др.), то необходимо начать досрочную декомпрессию по одному из режимов табл. 21 (п. 7.4.4) или табл. 1 приложения 22 с учетом достигнутой глубины и экспозиции под давлением от начала компрессии до начала декомпрессии.

7.4.15. Об имевшихся случаях нарушения барофункции и выраженного азотного наркоза под давлением ставится в известность водолазный врач больницы, на которую возложено медицинское обеспечение водолазных спусков, в целях назначения водолазу лечебно-профилактических мероприятий или вынесения ему экспертного решения.

7.4.16. По достижении заданного давления лицо, осуществляющее медицинское обеспечение, через руководителя спуска запрашивает самочувствие находящихся в барокамере, следит за их поведением, наблюдая через иллюминатор, и контролирует время пребывания под наибольшим давлением. Оно исчисляется от момента начала компрессии до начала декомпрессии (начала снижения давления до 1-й остановки).

7.4.17. Скорость снижения давления до 1-й остановки должна соответствовать режиму декомпрессии. Она составляет 6 м/мин при декомпрессии с 40 м вод.ст., 7 м/мин при декомпрессии с 80 м вод.ст., 8 м/мин при декомпрессии со 100 м вод.ст. с экспозицией под давлением 10 мин и 4,6 м/мин при декомпрессии со 100 м вод.ст. с экспозицией 20 мин. Дальнейшая декомпрессия проводится с точным соблюдением времени выдержек на остановках. При этом время, затраченное на переход с ос-

тановки на остановку, должно составлять около 1 мин. Оно учитывается как время выдержки на очередной остановке. В отличие от рабочих режимов декомпрессии, в которых шаг декомпрессии между остановками составляет 3 м вод.ст., в тренировочных режимах шаг декомпрессии равен 2 м вод.ст., что делает режимы более «мягкими» и надежными.

7.4.18. В процессе декомпрессии лицо, осуществляющее медицинское обеспечение, выполняет следующее:

- осуществляет контроль величин давления и времени выдержек на остановках;
- запрашивает самочувствие водолазов (медицинского персонала) перед переходом на очередную остановку и после перехода на нее;
- контролирует, наблюдая через иллюминатор, поведение находящихся в барокамере. В процессе декомпрессии они должны быть в относительном покое (сидеть, лежать, заниматься настольными играми или читать), не допускать нарушений кровоснабжения конечностей, периодически менять положение тела, избегать интенсивных физических нагрузок. Запрещается заниматься физическими упражнениями, однако к концу выдержек на остановках полезно проводить нерезкие разминочные движения конечностями;
- контролирует вентиляцию барокамеры в соответствии с п. 3.1 приложения 2;
- передает в барокамеру для оказания помощи при заболевании медикаменты и медицинское имущество, которые должны находиться вне барокамеры и подаваться внутрь ее только при необходимости. Флаконы с медикаментами должны подаваться в барокамеру с приоткрытыми пробками. Горючие, легковоспламеняющиеся медикаменты должны вноситься в барокамеру в минимально необходимых количествах с соблюдением мер противопожарной безопасности. И использованные вата и марля, пропитанные легковоспламеняющимися или пахучими веществами (спиртом, медикаментами и др.), должны складываться в специальный футляр и по возможности быстрее удаляться из барокамеры. Во время применения летучих жидкостей должна проводиться вентиляция барокамеры.

7.4.19. В день тренировочного погружения в барокамере водолазы (медперсонал) должны освобождаться от тяжелых физических работ и от спусков под воду на любые глубины. Перед спуском должен быть предоставлен отдых не менее 1 ч.

7.4.20. Питание водолазов (медперсонала) при тренировочных спусках в барокамере должно отвечать требованиям пп. 6.4.11—6.4.21.

7.4.21. После окончания декомпрессии спускавшиеся водолазы (медицинские работники) должны находиться вблизи барокамеры не менее 2 ч и освобождаться от всех видов работ. В течение этого времени на плавсредстве (береговой водолазной станции) должны находиться также руководитель спуска и лицо, осуществляющее медицинское обеспечение, а при необходимости и другой персонал обеспечения спусков в барокамере. При этом барокамера должна быть в немедленной готовности к повышению в ней давления для проведения лечебной рекомпрессии, после чего технические средства приводятся в исходное состояние.

7.4.22. После тренировочного спуска в барокамере перерыв перед очередным спуском (время от окончания декомпрессии до начала спуска под воду или в барокамере) должен составлять не менее 24 часов.

7.5. Контроль проведения физической подготовки водолазов

7.5.1. Физическая подготовка является важным средством сохранения здоровья и работоспособности водолазов. Она способствует ускорению процессов приспособления организма к факторам гипербарической среды и профилактике профессиональных заболеваний водолазов.

Ответственным за организацию и проведение физической подготовки водолазов станции в межспусковой период является старшина (бригадир) водолазной станции. Контроль интенсивности физической нагрузки водолазов он осуществляет по частоте сердечных сокращений, которая при выполнении физических упражнений не должна превышать 140—150 уд/мин.

Водолазный врач обязан контролировать организацию и порядок проведения физической подготовки, а также осуществление старшиной водолазной станции необходимого медицинского контроля. Результаты проверки занятий водолазами по физической подготовке водолазный врач записывает в Журнал водолазных работ и при наличии замечаний дает старшине водолазной станции рекомендации по их устранению.

7.5.2. Для сохранения здоровья и работоспособности водолазы должны выполнять ежедневную физическую зарядку или пробежку и регулярно заниматься видами спорта, вырабатывающими выносливость: плаванием, греблей, ходьбой, бегом на длинные дистанции, лыжами, коньками, теннисом и т.д.

7.5.3. Для предупреждения простудных заболеваний и переохлаждения при спусках под воду водолазам рекомендуется ежедневно проводить утреннее обливание или обтирание холодной водой, обтирание чистым снегом, плавание в течение всего купального сезона, «моржевание» и другие закаливающие процедуры. Начинать обтирание, ополаскивание или принимать душ необходимо при температуре воды не менее 25 °С, доводя ее постепенно до 10 °С. Время процедур закаливания должно составлять 0,5-1 мин и постепенно увеличиваться до 5 мин. После адаптации к холодной воде можно рекомендовать обтирание чистым снегом. Большое значение имеет непрерывность закаливания. Перерыв в течение 1-3 недель ведет к потере устойчивости организма к охлаждению, полученной ранее в результате закаливания.

Закаливание обеспечивает тренировку физиологических механизмов адаптации путем периодически повторяющегося и возрастающего по интенсивности раздражения кожных рецепторов. Водолазы, обладающие физической силой, выносливостью и закалкой к холоду, более производительно выполняют водолазные работы, легче противостоят различным заболеваниям (в том числе и профессиональным), а в случае возникновения заболеваний они успешнее подвергаются лечению.

7.6. Ежеквартальная медицинская подготовка водолазов

7.6.1. В межспусковой период водолазный врач проводит общую и специальную медицинскую подготовку водолазов, а также подготовку по соблюдению мер безопасности при проведении водолазных спусков. В ходе этой подготовки осуществляются:

- отработка навыков водолазов по использованию водолазного снаряжения в обычных и аварийных условиях;
- изучение специфических и неспецифических заболеваний водолазов (причины, проявления, первая помощь, лечение и профилактика);
- теоретическая подготовка и отработка навыков оказания самопомощи и первой помощи при травмах и несчастных случаях с водолазами.

7.6.2. Данные по проведенным занятиям с водолазами водолазный врач регистрирует в Журнале водолазных работ в разделе «Учет проведения занятий по технике безопасности на водолазной станции» с указанием темы занятия, даты проведения и фамилий присутствующих.

7.6.3. Проверка знаний водолазами основ физиологии и патологии водолазных погружений, умения оказывать первую медицинскую помощь при специфических, неспецифических заболеваниях водолазов и травмах, а также правил их предупреждения проводится при контрольных опросах в ходе занятий, а также при ежегодно проводимом ВКК допуске водолазного состава к исполнению обязанностей.

7.7. Медицинский контроль санитарно-гигиенического состояния водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков

7.7.1. Медицинский контроль санитарно-гигиенического состояния водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков включает в себя:

- контроль соблюдения сроков замены фильтрующих элементов фильтров очистки воздуха согласно требованиям инструкций по их эксплуатации и записям в формулярах;
- контроль качества воздуха (ДГС), подаваемого на дыхание водолазам;
- контроль санитарного состояния барокамер в соответствии с требованиями п. 6.1.2.7;
- контроль соблюдения правил хранения водолазного снаряжения в соответствии с требованиями пп. 6.1.7.8—6.1.7.13;
- контроль соблюдения сроков и качества дезинфекции водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков;
- контроль санитарного состояния помещений и территории водолазных станций.

7.7.2. Контрольный анализ воздуха на содержание вредных веществ и углекислого газа проводится 1 раз в 3 месяца в региональном центре Госсанэпиднадзора, специализированной химлаборатории или в водолазно-медицинском кабинете лечебно-профилактического учреждения, осуществляющего медицинское обеспечение водолазов. Ежеквартальный анализ воздуха может также проводиться водолазным врачом (фельдшером) здравпункта, за которым закреплены водолазные станции. Разрешение на

использование воздуха по результатам анализа дает водолазный врач.

Анализ воздуха в указанных учреждениях проводится также в следующих случаях:

- перед началом эксплуатации вновь установленных или отремонтированных компрессоров, воздушных магистралей или баллонов;
- после замены фильтрующих элементов фильтров очистки воздуха;
- при обнаружении в воздухе, подаваемом водолазам, вредных веществ или углекислого газа в концентрациях, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), которые приведены в приложении 13;
- при жалобах водолазов на плохое качество воздуха (наличии неприятных запахов, появлении головной боли, головокружении).

В тех случаях, когда в системе воздухообеспечения не предусмотрены фильтры очистки от окиси углерода, контроль ее концентрации следует проводить в дни спуска.

7.7.3. Воздух, находящийся без использования до 3 месяцев в баллонах-хранилищах системы воздухообеспечения, подвергается анализу на содержание в нем вредных веществ перед первым спуском водолаза. Если срок хранения воздуха в баллонах-хранилищах превышает 3 месяца, то он полностью стравливается в атмосферу. Баллоны заполняются с помощью компрессора свежим воздухом с трехкратной промывкой (трехкратное заполнение секции баллонов свежим воздухом до 10 кгс/см² и полное стравливание его в атмосферу) до рабочего давления. После заполнения баллонов свежим воздухом проводится анализ проб воздуха на содержание вредных веществ из каждого баллона.

7.7.4. Пробы воздуха для лабораторного анализа в учреждениях, упомянутых в п. 7.7.2, отбирают из системы газоснабжения после фильтра очистки в воздушные баллоны, преимущественно малолитражные (0,8—2 л). Проба берется после трехкратной промывки, при этом давление в баллоне доводится до 25–30 кгс/см² (если по методике анализа не требуется большее количество воздуха).

В сопроводительной записке указывается наименование предприятия (организации), номер водолазной станции (название водолазного бота или иного плавсредства), место и дата забора пробы, порядковый или заводской номер баллона с пробой, давление воздуха в баллоне, цель исследования и определяемые вредные вещества (двуокись углерода, окись углерода, окислы азота, углеводороды суммарно, а также по показаниям — другие вещества), фамилия лица, производившего взятие пробы.

7.7.5. Результаты анализов заносятся лицом, осуществляющим медицинское обеспечение водолазов, в Журнал анализов воздуха, дыхательных газовых смесей, поглотительных и регенеративных веществ (приложение 7) водолажной станции, а бланки лабораторных анализов подшиваются в специальную папку.

7.7.6. В случае обнаружения в воздухе вредных веществ или углекислого газа выше предельно допустимых концентраций необходимо заменить сжатый воздух в группах баллонов и произвести его повторный анализ. Если и в этом случае содержание вредных веществ окажется выше до-

пустимых величин, то следует установить причину загрязнения воздуха и устранить ее. В необходимых случаях для расшифровки спектра вредных веществ в воздухе для водолазов производится специальное исследование проб воздуха в центре Госсанэпиднадзора или в специализированных химических лабораториях. До установления и устранения причины загрязнения и получения результатов анализа, в котором концентрация вредных веществ не выходит за пределы допустимых величин, использовать воздух для дыхания водолазов запрещается.

7.7.7. Ежесуточный (в дни водолазных спусков) или внеочередной контроль качества воздуха на водолазной станции проводится, как правило, лицом, осуществляющим медико-санитарное обеспечение водолазных работ, с использованием экспресс-анализаторов в соответствии с приложением 13. При этом определяется содержание окиси углерода, а также по возможности суммарных углеводов и окислов азота. Рекомендации по анализу дыхательных газовых смесей на O_2 и CO_2 приведены в приложении 12. Результаты анализов воздуха и ДГС заносятся в Журнал анализов воздуха, дыхательных газовых смесей, поглощенных и регенеративных веществ.

7.7.8. Контроль соблюдения сроков и качества дезинфекции водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков выполняется с целью предупреждения у водолазов инфекционных и кожных заболеваний.

7.7.9. Дезинфекция водолазного снаряжения проводится в следующих случаях:

- при получении его со склада или из других организаций перед использованием;
- после ежегодной полной проверки;
- после ремонта;
- при появлении инфекционных или кожных заболеваний у водолазов, пользовавшихся снаряжением;
- периодически, через установленное количество спусков в процессе эксплуатации;
- перед каждым спуском при использовании одного и того же снаряжения разными лицами.

При выявлении у водолаза контагиозного инфекционного заболевания необходимо провести полную дезинфекцию водолазного снаряжения и имущества, использовавшегося заболевшим водолазом.

7.7.10. Для дезинфекции водолазного снаряжения и средств обеспечения водолазных спусков используется 96 %-ный этиловый ректификованный спирт по ГОСТ 5962-67 с расходом по установленным нормам. Применение для дезинфекции других сортов спирта запрещается. Исползованный для дезинфекции спирт сливается в санитарно-фановую систему или сдается на склад в установленном порядке.

7.7.11. Перед дезинфекцией водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков проводятся тщательная очистка и обмывание их кипяченой водой, охлажденной до температуры от +40 до +50 °С, и последующее протирание насухо чистой ветошью. Для лучшей очистки используется вода, сначала мыльная, затем чистая.

7.7.12. Дезинфекция спиртом проводится путем заливания или путем протирания. Путем заливания спиртом дезинфицируются дыхательные мешки, регенеративные патроны, редукторы, шланги и трубопроводы. После дезинфекции они должны быть продуты воздухом и тщательно просушены. Путем протирания тампонами, смоченными спиртом, дезинфицируются шлемы, дыхательные маски, загубники и фланцы водолазных рубаш. После дезинфекции они должны быть протерты сухими тампонами. Тампоны должны изготавливаться из чистой ветоши или марли. Применять гигроскопическую вату для изготовления тампонов при дезинфекции водолазного снаряжения запрещается.

7.7.13. Дезинфекция отдельных узлов и деталей водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков проводится в следующем порядке:

- дыхательные автоматы, редукторы, вентили, пускатели, отсекатели, механизмы подачи, автоматы промывки, переключатели и т.п. разбирают, детали промывают спиртом и просушивают;
- клапанные коробки разбирают, промывают кипяченой водой с температурой от +40 до +50 °С, протирают ветошью или тампоном со спиртом (во избежание нарушения герметичности клапанов при сборке необходимо следить, чтобы на крестовине, седле клапана и самом клапане не остались обрывки ветоши или марли);
- трубки вдоха и выдоха промывают кипяченой водой, затем дезинфицируют спиртом путем заливания его внутрь и равномерного распределения по внутренней поверхности, после чего трубки промывают кипяченой водой и просушивают;
- трубопроводы высокого и низкого давления водолазных дыхательных аппаратов снимают, один конец заглушают и заливают трубопровод спиртом. В таком положении трубопроводы выдерживают в течение 10—15 минут, после чего заглушки снимают и продувают воздухом;
- пульт подачи газа (пульт управления, водолазный щит подачи сжатого воздуха) обезжиривают спиртом. Для этого от пульта отсоединяют водолазные шланги и закрывают запорные вентили, снимают манометры высокого и низкого давления, в трубопроводы заливают спирт и оставляют щит в таком положении на 10—15 мин. Затем открывают запорные вентили и продувают все магистрали воздухом;
- воздушные и кислородные магистрали обезжиривают спиртом. Для этого магистрали, которые возможно снять, снимают, один конец заглушают и заливают магистраль спиртом. На магистралях, которые снять нельзя, заглушают все отверстия, через которые возможна утечка спирта, и заливают в магистраль спирт. В таком положении магистраль выдерживают 10—15 минут. После этого заглушки снимают и воздушные магистрали продувают воздухом, а кислородные магистрали - азотом или гелием;
- внутренние поверхности барокамер в случае их загрязнения дезинфицируют мыльным раствором с дальнейшим обмыванием поверхностей пресной водой, нагретой до температуры от +40 до +60 °С, с последующим протиранием поверхностей сухой чистой ветошью. При систематических водолазных спусках такую дезинфекцию необходимо проводить 1 раз в неделю;

- у трехцилиндровых водолазных помп воздушные ходы фундамента и воздухоприемника промывают слабым раствором кальцинированной соды (20 г соды на 1 л воды), затем пресной водой с температурой от +40 до +50 °С и насухо протирают. У облегченной водолазной помпы таким же образом промывают внутреннюю полость ресивера;

- внутреннюю часть водолазного шлема моют мыльной водой, протирают сухой ветошью и затем марлей, смоченной спиртом. Непосредственно перед каждым спуском внутренние поверхности водолазного шлема, резинового фланца или воротника водолазной рубахи протирают марлевым тампоном, смоченным спиртом. Перед каждым включением в аппарат протирается спиртом загубник, маска или полумаска.

7.7.14. Водолазное шерстяное белье, утеплители и предметы теплой одежды, надеваемые водолазами перед спуском под воду, стирают по мере их загрязнения (но не реже чем через 15 спусков), а при возникновении у водолазов заразных кожных заболеваний все эти предметы (кроме костюмов электро- и водобогрева) сдают на дезинфекцию в дезинфекционных камерах.

7.7.15. Шланговые линии дезинфицируют в собранном виде, соединенные вместе и свернутые в бухту. Верхний конец шланга поднимают на высоту около 2 м и в его отверстие вставляют трубку с воронкой. Через воронку в шланг наливают кипяченую воду с температурой от +40 до +50 °С (около 4 л на 1 колено шланга) и дают шлангу некоторое время находиться с водой. Затем, удерживая верхний конец как можно выше, медленно перебирают всю бухту шланга руками, прогоняя воду дальше, пока она не вытечет из противоположного конца шланга. Затем присоединяют шланг к водолазной помпе или воздухораспределительному щитку и продувают сильной струей воздуха до полного осушения. После этого шланг отсоединяют от источника газоснабжения и через ту же воронку с трубкой наливают в него спирт крепостью 96 %, продувают воздухом, затем вновь промывают водой, после чего опять продувают воздухом. После дезинфекции свободные штуцеры шлангов обвязывают чистой ветошью.

7.7.16. Очистка баллонов-воздухохранилищ производится по специальной методике, приведенной в «Межотраслевых правилах по охране труда при проведении водолазных работ. Часть II». Очистка, как правило, проводится на специализированных участках, оборудованных соответствующими приспособлениями и устройствами. Очистка на штатных местах допускается только при условии возможности внутреннего осмотра и выполнения полного объема технологического процесса. К работе по химической очистке баллонов допускаются только лица, сдавшие зачет по безопасности труда. Очистка должна проводиться в спецодежде с применением средств индивидуальной защиты. Работа с кислотами и щелочами должна проводиться в помещениях с вытяжной вентиляцией с соблюдением правил приготовления растворов и с применением персоналом защитных очков и резиновых перчаток. Для защиты кожных покровов от воздействия паров растворителей, кислот и щелочей работающие должны использовать защитные мази и пасты (паста ХИОТ-6 и др.). После работ по очистке баллонов использованные кислотные и щелочные растворы должны быть нейтрализованы.

8. ЗАБОЛЕВАНИЯ И ТРАВМЫ ВОДОЛАЗОВ И ОКАЗАНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИИ

8.1. Общие положения

8.1.1. На организм водолаза действует комплекс неблагоприятных физических, химических, биологических и психофизиологических факторов. Основными факторами являются:

- повышенное давление газовой и/или водной среды;
- перепады давления газовой и/или водной среды;
- повышенное парциальное давление кислорода и индифферентных газов;
- повышенные концентрации углекислого газа и вредных веществ в дыхательной газовой смеси;
- повышенная плотность водной (газовой) среды;
- повышенная плотность дыхательной газовой смеси;
- пониженная гравитация в водной среде;
- динамическое воздействие водной среды (течения и волнение воды);
- фазовые превращения газов в организме (насыщение и насыщение);
- низкая или высокая температура воды;
- повышенные теплопроводность и теплоемкость водной и гипербарической газовой сред;
- повышенная влажность воздуха;
- повышенный уровень шума;
- недостаточная освещенность рабочего места;
- изменения функций анализаторов в водной среде;
- наличие естественных и техногенных препятствий и опасностей под водой;
- повышенная электро-, пожаро- и взрывоопасность;
- использование химически вредных и опасных веществ;
- загрязнение водной среды (химическое, бактериальное, радиоактивное);
- наличие опасных представителей морской фауны;
- изолированность водолаза и отдаленность от обслуживающего персонала и средств обеспечения спусков;
- высокое нервно-эмоциональное напряжение.

Воздействие этих факторов в случаях превышения их допустимых значений может приводить к заболеваниям и травмам водолазов. Заболевания водолазов подразделяются на специфические и неспецифические.

8.1.2. Специфические заболевания возникают у водолазов в результате воздействия на организм вредных факторов гипербарической газовой и водной среды. Патологические изменения в организме при этих заболеваниях возникают вследствие образования в организме свободного газа, большого перепада между давлением внутри организма и давлением внешней среды, а также изменений парциальных давлений газов, входящих в состав дыхательных газовых смесей. К этой группе заболеваний относятся декомпрессионная болезнь, баротравма легких, барогипертензионный синдром, обжиг грудной клетки, обжим водолаза, баротрав-

ма уха и придаточных пазух носа, травма подводной взрывной волной, азотный наркоз, отравление кислородом, кислородное голодание, отравление углекислым газом, отравление выхлопными газами, химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами.

8.1.3. К неспецифическим заболеваниям относятся такие, которые встречаются не только среди водолазов, но и среди лиц других профессий. Они вызываются воздействием на организм вредных факторов, не связанных непосредственно с гипербарическими условиями. К числу этих заболеваний относятся отравление нефтепродуктами, переохлаждение, перегревание, утопление, контакты с ядовитыми и опасными морскими животными, травмы, термические ожоги и др.

8.1.4. Сравнительная частота возникновения специфических и неспецифических заболеваний водолазов (по 5-балльной шкале) в зависимости от вида применяемого водолазного снаряжения или барокамеры приведена в табл. 22.

8.1.5. Большинство заболеваний водолазов, связанных с их профессиональной деятельностью, протекает остро, с нарушениями функций жизненно важных систем организма, в связи с чем от медицинского персонала требуются быстрое распознавание заболевания и принятие срочных мер по лечению.

Наряду с острыми заболеваниями у водолазов встречаются хронические заболевания, являющиеся следствием продолжительного систематического воздействия на организм неблагоприятных факторов гипербарической среды. Эти заболевания возникают по мере увеличения стажа работы водолаза. К ним относятся хроническая декомпрессионная болезнь, а также заболевания, связанные с поражением сердечно-сосудистой и нервной систем (гипертоническая болезнь, атеросклероз, миокардиодистрофия, радикулит и др.).

8.1.6. Объем медицинской помощи, оказываемой на врачебных и фельдшерских здравпунктах, представлен в пп. 5.2.10 и 5.2.11, а сведения по оказанию различных видов медицинской помощи (первой медицинской, доврачебной, первой врачебной, квалифицированной и специализированной) при специфических и неспецифических водолазных заболеваниях приведены в пп. 5.2.33—5.2.36.

8.1.7. Лечебная рекомпрессия проводится под руководством лица, осуществляющего медицинское обеспечение водолазных спусков. Права и обязанности руководителя лечебной рекомпрессии такие же, как и руководителя водолазного спуска при проведении спусков в барокамере. Кроме того, на него возлагаются выбор режима лечебной рекомпрессии, руководство персоналом, обслуживающим барокамеру, и ведение протокола, в котором в хронологическом порядке записываются все события, связанные с оказанием помощи заболевшему водолазу, состоянием водолаза, ходом компрессии и декомпрессии (см. приложение 8).

8.1.8. Подготовка барокамеры к проведению лечебной рекомпрессии заболевшему водолазу проводится в соответствии с «Инструкцией по эксплуатации барокамеры», а медицинский контроль проведения рабочей проверки барокамеры — в соответствии с п. 6.1.2.7. Организация и

Таблица 22. Сравнительная вероятность возникновения заболеваний водолазов в зависимости от вида водолазной техники

Водолазов в зависимости от вида водолазного снаряжения

Нозологическая форма	Водолазное снаряжение (барокамера), способ использования и вероятность заболеваний								
	Комплект № 1 (ныряние до 15 м с задержкой дыхания)	Снаряжение с замкнутой схемой дыхания (О ₂ до 20 м)	Снаряжение с полужамкнутой схемой дыхания (40 % КАС до 40 м)	Снаряжение с открытой схемой дыхания				Вентилируемое снаряжение (воздух до 60-80 м)	Барокамера (воздух до 100 м вод. ст.)
				Автономное		Шланговое			
				(40 % КАС до 40 м)	(воздух до 40 м)	(40 % КАС до 40 м)	(воздух до 60 м)		
Декомпрессионная болезнь	—	—	1	1	2	2	4	5	2
Баротравма легких	1	5	4	3	3	2	2	1	1
Барогипертензионный синдром	1	5	5	4	4	4	4	3	2
Обжатие грудной клетки	5	2	3	4	4	3	3	1	—
Обжим водолаза местный/общий	5/—	1/—	4/1	4/—	4/—	3/1	3/1	—/5	2/1
Баротравма уха и придаточных пазух носа	5	3	4	4	4	3	3	2	1
Травма взрывной волной	4	5	5	3	3	3	3	1	—
Азотный наркоз	—	—	1	2	1	2	3	5	4
Отравление О ₂	—	5	3	1	—	2	1	1	4
Кислородное голодание	5	4	3	2	1	2	1	1	1
Отравление СО ₂	—	4	2	1	1	1	1	5	3
Отравление выхлопными газами	—	—	1	1	3	1	3	3	3
Отравление нефтепродуктами	1	—	1	1	2	1	3	3	2
Ожоги и отравления погл. и рег. в-вами	—	5	4	—	—	—	—	—	1
Переохлаждение	5	3	4	3	3	4	4	2	1
Перегревание	2	1	1	1	1	1	1	5	3
Утопление	5	4	2	3	3	2	2	1	—
Поражения морскими животными	5	1	2	2	2	3	3	1	—

методика спусков в барокамере при проведении лечебной рекомпрессии аналогичны таковым при тренировочных спусках в барокамере (см. п. 7.4). Для обеспечения лечебной рекомпрессии назначаются 2-3 смены водолазов, обслуживающих барокамеру и средства газоснабжения.

8.1.9. При заболеваниях тяжелой степени, требующих проведения лечебной рекомпрессии, в барокамеру с больным должен быть помещен водолазный врач или фельдшер. В случае нахождения водолазного врача или фельдшера с больным в барокамере для руководства лечебной рекомпрессией должен быть вызван другой водолазный врач (фельдшер). До его прибытия руководство лечебной рекомпрессией возлагается на лицо водолазного состава, допущенное к медицинскому обеспечению водолазных спусков. Приемы оказания неотложной помощи пострадавшему водолазу приведены в приложении 18.

8.1.10. После окончания лечебной рекомпрессии больной выдерживается вблизи барокамеры не менее 6 ч и затем при наличии показаний направляется на стационарное или амбулаторное лечение с последующим освидетельствованием водолазной клинично-экспертной комиссией (ВКЭК).

8.1.11. Водолазный врач (фельдшер) здравпункта принимает участие в оформлении извещения об остром водолажном заболевании (травме) и в составлении акта в соответствии с п. 5.2.37.

8.1.12. В разделах 8.2—8.19 представлены этиология, патогенез, клиника, лечение и профилактика специфических и неспецифических заболеваний водолазов.

8.2. Декомпрессионная болезнь

8.2. 1 Определение

Под декомпрессионной болезнью понимается комплекс патологических явлений в организме, связанных с наличием свободных газовых пузырьков в крови и тканях, которые вызывают раздражение интерорецепторного аппарата нервной системы, нарушение нормального кровообращения, а иногда и прямое механическое повреждение клеток органов и тканей. Декомпрессионная болезнь возникает после предшествующего насыщения организма индифферентными газами под повышенным давлением в результате неадекватной декомпрессии и является весьма распространенным специфическим заболеванием у людей, выполняющих работу в условиях повышенного давления. Болезнь называется декомпрессионной потому, что она возникает в процессе декомпрессии, т.е. в период перехода организма из среды с повышенным давлением в среду с более низким давлением.

8.2.2. Историческая справка

Первое описание декомпрессионной болезни дал в 1820 г. врач Гомель, работавший в России. После выхода водолазов из воды он обнаруживал у них невралгии.

В XIX и начале XX века, когда еще не были известны причины декомпрессионной болезни, не существовало рациональных методов ее предупреждения и лечения, это заболевание имело широкое распространение среди кессонных рабочих и водолазов. Декомпрессионная болезнь проявлялась в тяжелой форме и часто заканчивалась стойкими параличами и смертью. Так, при постройке первого туннеля под Гудзоном из 50 рабочих погибло в течение года 12 человек. В 1869 г. Леруа де Мерикур наблюдал у водолазов — ловцов губок, спускающихся в скаффандрах на глубины 45—54 м, заболевание, при котором наступали паралигии, паралич мочевого пузыря и глухота (из 24 водолазов 10 умерло). Американским врачом С.Эрдманом за 5 лет работ (1904-1909 гг.) было зарегистрировано 3692 случая декомпрессионной болезни у рабочих, прокладывавших туннель под рекой Восточной при использовании максимального давления 28 м вод.ст.

В XIX веке декомпрессионная болезнь являлась основным препятствием для проникновения человека на большие глубины и выполнения подводных работ. Усилия ученых в то время были направлены на раскрытие сущности профессиональных заболеваний водолазов и кессонных рабочих. До середины XIX века не было и самого названия этой болезни. В самостоятельную нозологическую единицу ее выделили в 1854 г. французские врачи Б.Поль и Т.Вателль, назвав «кессонной болезнью». В этом первом научном сообщении о декомпрессионной болезни они представили результаты наблюдения 64 кессонных рабочих, которые работали на строительстве шахт под давлением 4,25 кгс/см² дважды в день по 4 ч. Два человека умерли, 16 тяжело заболели, а 14 имели легкую форму заболевания. Было отмечено, что заболевание возникает только после выхода из-под давления («расплата наступает только на выходе»). На основании анализа причин болезни Б.Поль и Т.Вателль пришли к заключению, что тяжесть заболевания зависит от величины давления, продолжительности пребывания под давлением и скорости снижения давления в кессоне до атмосферного. Эмпирически ими было предложено замедлять скорость декомпрессии и впервые была высказана мысль о том, что для облегчения состояния пострадавшего его необходимо «немедленно вновь подвергнуть повышенному давлению, чтобы потом произвести разрежение очень осторожно». В 1873 г. хирург Э.Смит впервые применил лечебную рекомпрессию при декомпрессионном заболевании.

В классическом труде французского ученого Поля Бера «Атмосферное давление» (1878) был предложен термин «декомпрессионная болезнь», четко указано на газовую этиологию заболевания и предложены пути профилактики: медленный подъем водолаза или использование декомпрессионной камеры после подъема. В 1906 г. английский врач Джон Скотт Холдейн научно обосновал и составил рабочие таблицы декомпрессии, обеспечивающие достаточно безопасный подъем водолазов на поверхность, а в 1908 г. совместно с А.Бойкоттом и Г.Даманом опубликовал таблицы ступенчатой декомпрессии, регламентированные затем во всех странах, что привело к широкому развитию водолазного дела. Основная заслуга Дж.Холдейна заключается в откры-

тии способности организма удерживать газ в состоянии пересыщения и определении степени пересыщения азотом, при котором начинают образовываться газовые пузырьки. Эти работы легли в основу всех последующих расчетов различных режимов декомпрессии.

Во второй половине XIX — начале XX века много было сделано для раскрытия этиологии, патогенеза и лечения декомпрессионной болезни отечественными учеными и врачами — преподавателями Кронштадтской водолазной школы, открытой в 1882 г. В 1853 г. Н.В.Пирогов и вслед за ним В.В.Пашутин (1887) установили феномен растворения азота в крови после введения воздуха в кровеносное русло. Много ценных наблюдений сделали русские водолазные врачи-практики П.С.Качановский (1875, 1881), Е.М.Храбростин (1888), Ф.И.Шидловский (1894) и НАЕсипов (1902). В 1886 г. были разработаны «Правила обращения с водолазными аппаратами и о технических обязанностях водолазов и правилах ухода за заболевшими водолазами при водолазных работах». В 1897 г. Н.Цунцем был предложен способ дыхания кислородом при декомпрессии, в 1909 г. Чишевский впервые применил этот способ при кессонных работах, а в 1910 г. С.В.Сакович — на водолазных работах при подъеме подводной лодки «Камбала». В 1901 г. в России была создана комиссия по «выработке специальных мер для предупреждения кессонных заболеваний», которую возглавили профессора С.И.Залесский и ВАЛибов.

Начиная с 20-х годов XX века большая работа по изучению воздействия на организм человека сжатого воздуха была проведена группой ученых Военно-медицинской академии под руководством академика Л.А.Орбели: Е.М.Крепсом, Б.Д.Кравчинским, С.И.Прикладовицким, С.П.Шистовским, С.М.Дионесовым, К.А.Павловским, М.П.Бресткиным, А.П.Бресткиным, Н.К.Кривошеенко, П.М.Граменицким и др. В послевоенные годы (1945—1980 гг.) изучение проблемы этиологии, патогенеза, лечения и профилактики декомпрессионной болезни проводилось учеными Военно-морской медицинской академии, Военно-медицинской академии, 40-го ГосНИИ МО и других учреждений: М.И.Якобсоном, Е.Э.Германом, З.С.Гусинским, И.А.Александровым, В.В.Смолиным, Г.Л.Зальцманом, В.И.Тюриным, И.И.Савичевым, А.Н.Бухариным, С.Д.Куманичкиным, И.А.Саповым, В.А.Аверьяновым, Б.А.Нессирио, И.П.Юнкиным, В.Я.Назаркиным, Л.Г.Медведевым, В.И.Советовым, М.П.Елинским, Л.К.Волковым и др. под руководством Постоянной комиссии по аварийно-спасательному делу, председателями которой были академики В.Н.Черниговский и Е.М.Крепе.

8.2.3. Этиология

Попытки понять этиологию декомпрессионной болезни содержатся уже в первых упоминаниях о заболевании.

Врач Гомель, впервые описавший симптомы болезни, предполагал, что причиной заболевания является невращение.

Другие исследователи (Буди, 1848; Борелле, 1863; Вудворт, 1881) выдвинули теорию, согласно которой причиной декомпрессионной болез-

ни является понижение температуры при декомпрессии, что вызывает невралгии, ревматические симптомы, парезы и параличи.

Французские врачи Б.Поль и Т.Вателль (1854) для объяснения причин декомпрессионной болезни выдвинули теорию «механической конгестии», согласно которой в результате давления сжатого воздуха на кровеносные сосуды кровь устремляется во внутренние органы, особенно в органы, защищенные костной тканью (головной и спинной мозг). При этом происходит уменьшение содержания кислорода в крови, скапливающегося в других органах, образование геморрагии вследствие разрыва сосудов, появление стаза в сосудах внутренних органов с развитием их острой анемии. Впоследствии даже исследователи, которые отмечали возможность газообразования в организме при быстрой декомпрессии (П.Гоппе-Зейлер, 1857; Мерикур, 1869), оставались в плену теории механического сжатия.

В эти же годы предлагалась токсемическая теория, которая причину декомпрессионной болезни объясняла накоплением в организме CO_2 вследствие снижения газообмена в легких и нарушения метаболизма тканей, находящихся под повышенным давлением.

Наряду с этими гипотезами и теориями этиологии декомпрессионной болезни существовала также теория «газовой эмболии», берущая свое начало от исследований английского физика и химика Роберта Бойля (1660), который впервые изучал влияние сжатого воздуха на организм животных и установил факт газообразования в тканях (в глазу гадюки) при быстрой декомпрессии. Аналогичное наблюдение было сделано Ван Муссенброком в 1739 г. В 1857 г. Хоуп и независимо от него П.Гоппе-Зейлер наблюдали появление газовых пузырьков в сосудах животных, погибших после быстрой декомпрессии. В 1861 г. немецкий физик Бюккуа, исходя из закона Дальтона, указал, что причиной декомпрессионного заболевания являются газовые пузырьки, появляющиеся во время и после снижения давления. В 1869 г. Мерикур отметил возможность газообразования в организме при быстрой декомпрессии. Однако теория газовой эмболии в то время не получила широкого распространения.

Неверные представления об этиологии декомпрессионной болезни господствовали до научного обоснования теории газовой эмболии, которое было выполнено П.Бером (1878). К проблеме физиологического действия повышенного давления П.Бер приступил в 1872 г. по просьбе изобретателя скафандра О.Денейруза, который хотел выяснить причины гибели водолазов — ловцов губок в Средиземном море. Анализ П.Бера показал, что ежегодно из этих водолазов погибает около 30 человек. На основании многочисленных экспериментальных исследований на животных он установил, что декомпрессионная болезнь, независимо от формы ее проявления, возникает в результате образования в крови и тканях свободных пузырьков газа. П.Бер провел анализ газа, собранного из пузырьков, и показал, что в нем содержится 82,8—84,1 % азота, 15,2-15,9 % углекислого газа и 2,0 % кислорода. Поданным И.С.Балаховского исоавт. (1956) и Л.Д.Оловянишникова (1969), газовые пузырь-

ки состоят на 65 % из азота, на 28,3 % из углекислого газа и на 6,7 % из кислорода. Хотя углекислый газ не должен накапливаться в здоровом организме (даже в условиях повышенного парциального давления CO_2 во вдыхаемом воздухе напряжение этого газа в тканях поддерживается, как правило, на постоянном уровне), считается, что первичным газом, заполняющим полость газовых пузырьков, наряду с парами воды служит углекислота. Причиной такого феномена является то, что по сравнению с азотом и кислородом CO_2 имеет самые высокие коэффициенты диффузии и растворимости. Потом внутрь пузырька начинает проникать азот, а CO_2 диффундирует обратно.

Теории газовой эмболии как причины декомпрессионной болезни придерживались русские врачи П.С.Качановский, М.Н.Храбростин, Ф.И.Шидловский, Н.Л.Есипов и др., работавшие в области водолазного и кессонного дела с самого начала его развития в нашей стране. Этого же мнения придерживаются в настоящее время все водолазные врачи и специалисты в области гипербарической физиологии.

В 1932 г. американские исследователи Свиндл и Энд выдвинули теорию внутрисосудистой агглютинации эритроцитов, которая, по их мнению, является причиной декомпрессионной болезни. Образовавшиеся в организме газовые пузырьки эти авторы рассматривали как вторичное явление, происходящее лишь после смерти. Эта теория не получила широкого признания, так как не объясняет, почему при возникновении декомпрессионной болезни лечебная рекомпрессия оказывает исключительно благоприятный эффект. Кроме того, имеется большой опыт прижизненного нахождения газовых пузырьков как в острых опытах, так и с помощью ультразвукового исследования.

М.И.Якобсон в своей монографии «Кессонная болезнь» (1950) выдвинул теорию «эндогенно-экзогенной аэроэмболии». Согласно этой теории для образования свободного газа при декомпрессии кроме пересыщения организма индифферентным газом должен действовать еще какой-то фактор, а именно газовые ядра, попадающие в организм из легких. В эти газовые ядра при декомпрессии диффундирует пересыщенный индифферентный газ, находящийся в жидких средах организма. А.П.Бресткин (1952) для проверки роли экзогенного фактора в образовании газовых пузырьков провел целый ряд экспериментальных исследований, в которых показал несостоятельность этого утверждения М.И.Якобсона.

Учение П.Бера о газовой природе декомпрессионной болезни, построенное на прочной экспериментальной основе и многократно подтвержденное в дальнейшем, до настоящего времени является общепризнанным.

Согласно газовой (десатурационной) теории декомпрессионная болезнь возникает следующим образом. При пребывании человека в условиях повышенного давления воздуха в его крови и тканях в соответствии с законом Генри — Дальтона происходит растворение и накопление азота. Входящий в состав воздуха кислород потребляется тканями и поэтому накапливаться не может. Углекислый газ также не накапливается в организме, поскольку он удаляется из организма с выдыха-

емым воздухом. Парциальное давление CO_2 в альвеолярном воздухе за счет регуляторных механизмов поддерживается до определенных пределов на постоянном уровне.

Количество растворенного азота в организме находится в прямой зависимости от глубины спуска и от времени пребывания водолаза на грунте. Так, если в условиях нормального атмосферного давления в организме человека массой около 70 кг растворено примерно 1000 мл азота, то при длительном пребывании под давлением воздуха на глубине 10 м (2 кгс/см^2) количество физически растворенного в тканях азота удвоится. При полном насыщении организма воздухом на глубине 60 м (абсолютное давление 7 кгс/см^2) содержание азота будет составлять 7000 мл (или 1000 мл сжатого до 7 кгс/см^2). Насыщение организма азотом в условиях повышенного давления воздуха происходит посредством циркуляторной системы организма. Увеличение парциального давления азота в альвеолах приводит к соответствующему увеличению его напряжения в крови легочных капилляров, а из них током крови азот доставляется в органы и ткани. Доставка азота кровью тканям и органам будет продолжаться до тех пор, пока парциальное давление азота в альвеолах легких не сравняется с его напряжением в клетках органов и тканей, т.е. пока не наступит полное насыщение им организма. Количество растворенного азота в той или иной ткани за определенный период времени обусловлено степенью кровоснабжения данной ткани, коэффициентом диффузии (скоростью проникновения азота в данную ткань), а также растворимостью азота в различных тканях. Чем лучше кровоснабжение ткани, чем меньше растворимость азота в ткани и чем больше коэффициент диффузии, тем быстрее наступит полное насыщение данной ткани азотом. Поскольку кровоснабжение различных тканей организма неодинаково, а азот в них имеет различные коэффициенты растворимости, время их полного насыщения будет также различным. Экспериментально установлено, что насыщение тканей организма азотом во времени происходит с постоянно замедляющейся скоростью и его динамика подчиняется экспоненциальному закону.

В простейшем виде уравнение экспоненциального закона может быть представлено выражением:

$$S = (1 - 0,5^n) \times 100,$$

где S — величина насыщения, %; n — условные единицы времени полунасыщения.

За условную единицу времени (период полунасыщения) принимается время, необходимое для достижения 50 % насыщения ткани азотом.

В табл. 23 представлены величины насыщения (S) и динамика роста насыщения при различных значениях условных единиц времени (n).

Из таблицы видно, что практически полное (близкое к 100 %) насыщение ткани организма азотом наступает примерно за 6 условных единиц времени. Например, если принять условную группу тканей с временем полунасыщения 60 мин, то полное насыщение ее азотом наступит через 6 ч ($60 \text{ мин} \cdot 6 = 360 \text{ мин} = 6 \text{ ч}$).

Таблица 23. Динамика насыщения ткани организма
по экспоненциальной зависимости

Условная единица времени, n	Величина насыщения S, %	Прирост насыщения, %
1	50,00	50,00
2	75,00	25,00
3	87,50	12,50
4	93,75	6,25
5	96,87	3,12
6	98,43	1,56

В соответствии с применяемой в настоящее время моделью насыщения при расчете насыщения организма индифферентным газом с учетом степени кровоснабжения различных тканей весь организм разделяется на группы условных тканей. Эти группы выделяются не по морфологическому признаку, а только по скорости насыщения индифферентным газом и могут быть лишь условно сопоставлены с реальными анатомическими тканями. К наиболее быстро насыщающимся тканям с временем полунасыщения от 1-2 до 5 мин (и временем полного насыщения 10—30 мин) относятся кровь, железы внутренней секреции, легочная ткань. К самым медленно насыщающимся тканям относятся костная, хрящевая и жировая ткани, сухожилия, связки. Период полунасыщения таких тканей, по мнению одних авторов, составляет 720 мин, по мнению других, — от 240 до 300 мин. Время полного насыщения таких тканей составляет соответственно 3 или 1 сутки.

В организме имеются ткани с очень слабым кровоснабжением, а также области, совершенно лишенные сосудов (стекловидное тело глаза, роговица, хрящевая ткань и др.). Скорость насыщения неvascularизированных тканей определяется в основном диффузией газа. Ориентировочное время полунасыщения ($T_{1/2}$) этих тканей может быть определено из выражения:

$$T_{1/2} = \ln 2 \frac{x^2}{D},$$

где x — расстояние диффузии; D — коэффициент диффузии газа в ткани.

При снижении окружающего давления начинается процесс рассыхания — удаление избыточно растворенных в тканях молекул азота во внешнюю среду: из клеток и тканей — в кровь, из крови — в легкие, а из них с выдыхаемым воздухом — наружу.

Процесс рассыхания тканей от растворенного азота подчиняется тем же закономерностям, что и процесс насыщения, т.е. происходит по экспоненциальному закону. Если декомпрессия производится достаточно медленно, то растворенный азот покидает организм преимущественно в

виде молекул, т.е. в том же физическом состоянии, в каком он проник в ткани в условиях повышенного давления. При неадекватном снижении давления этот процесс нарушается, в результате чего в крови и тканях образуются участки с большим содержанием растворенного газа. При значительном пересыщении организма азотом происходит образование в этих участках свободных газовых пузырьков. Появившиеся в тканях организма газовые пузырьки вызывают расстройство кровообращения, оказывают травмирующее воздействие на окружающие клетки, нервные образования и являются основной причиной декомпрессионной болезни.

Величина пересыщения составляет разность между напряжением азота в тканях организма и величиной окружающего давления ($AP = P_t - P$). Она является непременным условием образования газовых пузырьков в тканях организма. Многолетняя практика водолазных спусков свидетельствует о способности тканей организма удерживать растворенный в них азот в состоянии определенной степени пересыщения. Известно, например, что при полном насыщении организма человека воздухом на глубинах порядка 10–12 м не возникают симптомы декомпрессионной болезни после быстрого подъема на поверхность, хотя организм содержит пересыщенный раствор азота (напряжение азота в тканях организма составляет 1,6–1,76 кгс/см²). На этом основании была построена гипотеза о том, что при указанном пересыщении азотом в тканях организма не образуются свободные газовые пузырьки. Однако в последнее время с помощью аппаратуры ультразвуковой локации было экспериментально установлено, что устойчивые газовые пузырьки в венозном кровотоке формируются в результате быстрой декомпрессии после практически полного насыщения азотом на глубинах порядка 6–8 м (напряжение азота в тканях при этом составляет 1,28–1,44 кгс/см²), а не 10–12 м, как считали ранее. В пересыщенном растворе азота устойчивый газовый пузырек может образовываться, если выполняется условие: $P_t > P_n > P$. Это означает, что давление газа в пузырьке (P_n) должно быть больше окружающего давления (P), но меньше величины напряжения азота в растворе или ткани (P_t).

В случае возникновения в пересыщенном растворе газового пузырька с радиусом меньше критического он будет неустойчивым и быстро растворится, так как согласно формуле П. С. Лапласа давление в нем превысит значение напряжения азота в тканях ($P_n > P_t$). Формула Лапласа имеет следующий вид:

$$P_n - P_t = \frac{2\sigma}{r},$$

где P_n — давление газа в пузырьке, дин/см²; P_t — напряжение газа в окружающих тканях, дин/см²; r — радиус пузырька, см; σ — величина поверхностного натяжения оболочки пузырька радиусом r , дин/см.

Если радиус газового пузырька превышает критические размеры, то давление в нем будет меньше P_t . В этом случае газ из раствора (ткани) будет диффундировать в газовый пузырек, который начнет увеличиваться в размерах.

Для развития признаков декомпрессионной болезни недостаточно появления устойчивых газовых пузырьков. Имеет значение также их количество. При небольшом количестве газовых пузырьков симптомы декомпрессионной болезни могут не проявиться. Поэтому при небольшой степени пересыщения в тканях организма могут существовать «немые» (бессимптомные) газовые пузырьки.

При декомпрессии газовые пузырьки могут образовываться в венозной крови, в межтканевой жидкости и в клетках тканей и органов. Однако наиболее вероятное их образование происходит в венозной части капилляров, особенно в тех, которые расположены в тканях, богатых жировыми и липоидными элементами. Эти участки отличаются обычно низким уровнем кровоснабжения и большим напряжением азота.

Малые скорости кровотока и низкие величины давления в венозных капиллярах создают благоприятные условия для пересыщения венозной крови азотом и образования в ней газовой фазы.

Внесосудистое газообразование происходит главным образом в межтканевой жидкости, подкожно-жировой клетчатке, синовиальной жидкости и других тканях (Бресткин А.П., 1952; Зальцман ГЛ., 1961).

Ответная реакция на появление в организме газового пузырька зависит от локализации его в ткани, наличия в ней болевых рецепторов и от плотности ткани. Наиболее чувствительными являются надкостница, затем фиброзные капсулы суставов, сухожилия, фасции и мышцы.

Заболевание возникает, как правило, при спусках водолазов под воду на глубины более 10-12 м. Иногда при длительной работе под водой (более 2 ч) у особенно чувствительных к декомпрессионным расстройствам лиц болезнь может возникнуть и на меньших глубинах (Волков Л. К., 1975; Сапов И.А. и соавт., 1976; Хемплеман Н., 1975). Более того, имеются теоретические исследования, результаты которых свидетельствуют о развитии начальных этапов декомпрессионного газообразования при декомпрессии с глубин 2-3 м (Николаев В.П., 1970; Hills В.А., 1967, 1968).

8.2.4. Патогенез

Газовые пузырьки могут образовываться в капиллярной сети мышц и жира, венозной системе и тканях, располагаясь интра- и экстраваскулярно. Они способны вызывать закупорку капилляров, создавая блокаду кровотока. В венозной сети и в тканях газовые пузырьки обволакиваются коллоидами крови, белками, липидами и жирами. При этом создаются условия, препятствующие слиянию их в более крупные пузыри. Поэтому в начальный период патологического процесса пузырьки азота имеют небольшой диаметр. Механическое давление пузырьков на стенку сосудов и нарушение оксигенации окружающих тканей вызывают потерю тонуса кровеносных сосудов, некроз стенок, нарушение проницаемости и вследствие этого диapedез форменных элементов, трансудацию плазмы и сгущение крови. Эти нарушения обуславливают такие клинические проявления заболевания, как отечность, точечные кровоизлияния, изменение окраски кожи на пораженных мес-

тах. Наряду с этим наличие в венозном русле газовых пузырьков вызывает повышение свертываемости крови и структурные нарушения ее форменных элементов, которые приводят к склеиванию эритроцитов и тромбоцитов с образованием микротромботических масс. Если организм находится под действием повышенного давления воздуха сравнительно долго и все его ткани успели значительно насытиться индифферентным газом, то в этом случае еще легче, чем в крови, газовые пузырьки могут образовываться в синовиальной жидкости, в лимфе, в серозных жидкостях различных полостей, т.е. в тех тканях, в которых предельно допустимое пересыщение меньше, чем в крови. Поэтому в реальных условиях при возникновении декомпрессионной болезни у водолазов образование пузырьков в венозных сосудах сочетается с образованием их в тканях.

В возникновении газовых пузырьков в венозной крови при декомпрессии существенную роль играют лимфа и депонированная кровь. Лимфа содержит растворенный азот под тем же напряжением, которое имеется в окружающих тканях. Благодаря низкой способности удерживать индифферентный газ в пересыщенном состоянии в лимфе при определенном пересыщении азотом легко образуются газовые пузырьки, которые вместе с ней поступают в венозную кровь. Эти газовые пузырьки при пересыщении крови азотом могут вызывать или усиливать уже имеющееся в ней газообразование (Бресткин А.П., 1950; Рапопорт К.М., Соколов Г.М., 1960; Граменицкий П.М., 1974).

Депонированная кровь при работе водолаза под водой вовлекается в циркуляцию, а во время декомпрессии, когда водолаз находится в покое, значительная часть крови вновь депонируется. Этому в большой степени способствует повышенное парциальное давление кислорода в сжатом воздухе. Благодаря тому, что депонированная кровь не участвует в кровообращении во время декомпрессии, она практически не насыщается от растворенного в ней азота или насыщается, но очень медленно. В связи с этим в ней легко происходит образование газовых пузырьков. При мобилизации депонированной крови вместе с ней в общий кровоток попадают и газовые «зародыши» (Граменицкий П.М., Савич А.А., 1964; Юнкин И.П., 1964; Blinks et al., 1951).

Если газовые пузырьки не задерживаются в местах своего образования, то они током венозной крови заносятся в правую половину сердца, а оттуда — в легочные артерии и их разветвления. Возможность перехода газовых пузырьков через капилляры малого круга в артериальную кровь не решена окончательно. Однако в экспериментах на изолированных легких кроликов была установлена возможность прохождения газовых пузырьков из малого круга кровообращения в большой круг через сосудистые шунты в легких.

В последние годы большое внимание уделяется возможности попадания газовых пузырьков в артериальную кровь через незарощенное овальное отверстие в перегородке предсердий, которое, часто не проявляясь клинически, имеется у 10-20% всех людей. R.E.Moon, R.D.Vann и P.V.Bennett в исследованиях, проведенных с 1986 по 1995 г., выявили

незаращение овального отверстия примерно у 50 % водолазов и дайверов, перенесших декомпрессионное заболевание с выраженными неврологическими расстройствами. Авторы считают, что такой дефект развития встречается по меньшей мере у 10 % практически здоровых людей, которые подвергаются в 5 раз большему риску осложнений декомпрессионной болезни. Декомпрессионная болезнь в форме артериальной газовой эмболии является наиболее опасной разновидностью данного заболевания, которое по патогенетическому механизму и клиническим проявлениям напоминает артериальную газовую эмболию при баротравме легких.

Газовые эмболы, попавшие в легкие, в зависимости от количества закупоренных ими капилляров приводят к различным последствиям и обуславливают появление соответствующих симптомов. В результате раздражения рецепторного поля сосудов малого круга кровообращения возникают загрудинные боли, кашель, изменение ритма и характера дыхания.

При значительном числе закупоренных легочных капилляров они затрудняют прохождение крови по малому кругу и нарушают нормальный газообмен, что создает условия для развития гипоксемии и гиперкапнии. Создавая препятствия кровотоку по легочным капиллярам, газовые эмболы вызывают повышение давления в венозной части сосудистой системы, способствуя застою крови в венах.

При большом количестве газовых эмболов в легочном круге кровообращения переход крови из правой половины сердца в левую затрудняется настолько, что начинает катастрофически падать артериальное давление.

Уменьшение оксигенации крови в эмболизированных сосудах малого круга кровообращения неизбежно приводит к нарушению питания тканей и снабжения их кислородом. Чем больше и обширнее эмболический процесс и длительнее его действие, тем интенсивнее выражены гипоксические явления, функциональные и морфологические изменения в сосудах, органах и тканях.

Наиболее чувствительна к состоянию гипоксии нервная ткань, которая в этих условиях относительно быстро подвергается некротическим изменениям.

При прохождении по сосудам легких венозной крови азот диффундирует из нее в альвеолярное пространство, при этом напряжение его в крови выравнивается с напряжением в альвеолах. Следовательно, в артериальной крови напряжение индифферентного газа оказывается меньше, чем в любом другом участке тела, и поэтому газообразование в артериальных сосудах возможно лишь при чрезмерно большом пересыщении всего организма в целом и резком нарушении процесса декомпрессии (например, при всплытии водолаза с глубины на поверхность).

Образованию газовых пузырьков в крови способствует также работа сердца.

Благодаря работе сердца ток крови в системе кровообращения меняется от ламинарного в капиллярах до турбулентного в сердце, начале

аорты и легочных артериях. Ток крови через клапаны сердца создает сильные завихрения и локальные понижения давления, что обуславливает благоприятные условия для образования и роста газовых зародышей в крови.

При появлении газовых эмболов в кровеносном русле в организме развиваются защитные рефлекторные реакции. К их числу следует отнести расширение артериол и капилляров, усиленный напор крови, которые способствуют продвижению газового пузырька в более крупные венозные сосуды, включение коллатерального кровообращения.

Большое значение в патогенезе декомпрессионной болезни имеет процесс формирования аэротромбов, основой которого является газовый пузырек, а оболочкой его служат форменные элементы, белки и липиды плазмы, а также тромботическая масса. Образовавшиеся в крови газовые пузырьки могут «приклеиваться» к измененной стенке кровеносного сосуда, «обрастать» форменными элементами крови и фибрином, создавая благоприятные условия для формирования истинного кровяного тромба. Этот процесс может быть причиной неполного рассасывания и ликвидации газового скопления в результате лечебной рекомпрессии.

Образование пристеночных сосудистых аэротромбов может происходить также в присутствии бессимптомных газовых пузырьков, которые служат основой для их образования. Процесс образования аэротромбов может играть определенную роль в развитии некоторых осложнений декомпрессионного заболевания, а также патологических изменений ряда органов и систем после пребывания человека под давлением в тех случаях, когда видимые проявления заболевания отсутствуют. Протекающие до поры до времени бессимптомные патологические процессы локализуются преимущественно в эпифизах бедренной, плечевой и большеберцовой костей и могут вызывать в них асептические некрозы. Этиология асептических костных некрозов остается пока до конца не выясненной, хотя большинство исследователей, изучавших это заболевание, рассматривают этот вид профессиональной патологии как проявление субклинически протекающей формы декомпрессионной болезни, вызываемой бессимптомным внутрисосудистым газообразованием, а также как результат осмотических изменений в костной ткани при перепадах окружающего давления (Солдков А.С., 1965; Elliott D., Harrison J., 1971; Sialely G., Oppenheim E., 1975). Установлено, что чаще всего эти поражения развиваются у водолазов и кессонных рабочих старше 35 лет со стажем работы более 5-7 лет, причем нередко при отсутствии в анамнезе данных о перенесенных декомпрессионных заболеваниях.

Большой практический опыт медицинского обеспечения водолазных погружений показывает, что возникновению декомпрессионной болезни способствуют недостаточная физическая тренированность водолазов, нарушение регламентированного режима труда, отдыха и питания, тяжелая физическая работа на глубине, переохлаждение, длительное воздействие на организм повышенного парциального давления кислорода, большое содержание во вдыхаемом воздухе углекислого газа.

8.2.5. Клиника

Характер болезненных явлений и тяжесть самого заболевания зависят от величины, количества и локализации газовых пузырьков.

По данным Л.Ривера (1964), частота симптомов среди 935 заболевших декомпрессионной болезнью составляет (в процентах): локализованная боль - 91,8, онемение или парестезии - 21,2, мышечная слабость - 20,8, кожная сыпь - 14,9, головокружение - 8,5, тошнота и рвота - 7,9, зрительные расстройства - 6,8, параличи - 6,1, головная боль - 3,9, потеря сознания - 2,7, расстройства мочеиспускания - 2,5, диспноэ - 2,0, психические нарушения - 1,6, возбуждение или беспокойство - 1,3, общая слабость, утомляемость - 1,2, мышечные сокращения, местные судороги - 1,2, общие судороги - 1,1, инкоординация - 0,9, расстройства равновесия - 0,7, локализованный отек кожи - 0,5, кишечные расстройства - 0,4, расстройства слуха - 0,3, афазия - 0,2, подкожная эмфизема - 0,1.

Декомпрессионная болезнь по степени тяжести условно делится на три формы: легкую, среднюю и тяжелую.

При легкой форме декомпрессионной болезни пострадавшие предъявляют жалобы на небольшую усталость, недомогание, боли в суставах, костях и мышцах. Боли возникают обычно постепенно и локализуются чаще всего в коленном, плечевом или локтевом суставах, на которые во время работы под водой приходилась наибольшая физическая нагрузка. В начале заболевания боль обычно носит тупой ноющий характер, затем постепенно становится сверлящей, рвущей. В области больного сустава иногда появляются покраснение кожи, сыпь, развивается припухлость. При этом функции пораженных суставов и мышц, как правило, существенно не нарушаются.

Частым проявлением декомпрессионной болезни в легкой форме является кожный зуд, возникающий в области рук и ног, живота и ягодиц. В некоторых случаях возникает подкожная эмфизема, при пальпации которой ощущается крепитация. Развивающиеся в коже и подкожной клетчатке нарушения кровообращения вызывают изменения цвета и его оттенков (от светло-красного до темно-синего). Кожа приобретает пестрый мраморный цвет. Могут иметь место незначительные отклонения в деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем: легкая тахикардия, умеренная одышка.

При декомпрессионном заболевании средней тяжести пострадавшие предъявляют жалобы на сильные суставные, костные и мышечные боли, чувство стеснения и боли в груди, одышку, неприятные ощущения в области сердца, головокружение, резкую слабость и др. Для этой формы заболевания наряду с клинически четкими и интенсивными местными нарушениями отмечаются достаточно выраженные сдвиги в общем состоянии пострадавшего. Суставные, костные и мышечные боли возникают обычно внезапно и усиливаются при движениях в суставах. Функция пораженного сустава заметно нарушается. Отмечается ослабление мышечной силы. К характерным признакам в клинике декомпрессионной болезни средней тяжести относится появление отчетливых признаков нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы по типу пра-

вожелудочковой недостаточности. У больного выражен цианоз кожи и видимых слизистых оболочек, отмечается частый пульс, нередко аритмичный. Перкуторно определяется расширение границ сердца вправо, тоны сердца приглушены. У больного появляется кашель с выделением мокроты, нередко с прожилками крови, частое поверхностное дыхание. В легких прослушиваются ослабленное дыхание и влажные крепитирующие хрипы. К заболеваниям средней тяжести относятся также случаи, при которых определяется поражение органов брюшной полости. Пострадавшие предъявляют жалобы на боли в эпигастральной области и в правом подреберье, тошноту, рвоту, метеоризм, жидкий стул. При осмотре могут обнаруживаться симптомы раздражения брюшины.

При тяжелой форме декомпрессионной болезни определяются весьма выраженные нарушения деятельности кардиореспираторной системы и поражения функции центральной нервной системы. Тяжелое состояние больного определяется в основном циркуляторными нарушениями. При осмотре больного отмечаются резкая адинамия, бледность кожных покровов, холодный и липкий пот. Сознание может быть сохранено или помрачено. Больной апатичен, с трудом отвечает на вопросы, пульс частый, слабый и аритмичный. Границы сердца расширены вправо, тоны сердца глухие. Артериальное давление понижено. Дыхание частое, поверхностное, иногда типа Чейна — Стокса. Кашель сопровождается кровохарканьем.

В случае значительного пересыщения тканей организма и массивного газообразования в крови (например, при выбрасывании водолаза с фунта на поверхность) быстро развивается блокада кровообращения, которая при отсутствии лечебной рекомпрессии может привести к смерти через несколько минут.

При тяжелой форме декомпрессионной болезни довольно часто наблюдается поражение спинного мозга, сопровождающееся вначале резкой адинамией, чувством онемения, а затем развитием парезов и параличей, чаще всего нижних конечностей. У пострадавших обнаруживаются понижение тонуса мышц, значительное угнетение или утрата рефлексов. В итоге развиваются параличи или параплегии вялого или спастического типа. Значительно реже наблюдаются параличи верхних конечностей. Кроме нарушений в двигательной сфере обычно отмечаются грубые расстройства чувствительности (болевой и температурной). Поражения спинного мозга нередко сопровождаются нарушениями функций органов таза - расстройствами мочеиспускания и дефекации. При отсутствии своевременного радикального лечения симптомы поражения спинного мозга нарастают очень быстро.

Поражения головного мозга благодаря хорошему кровоснабжению встречаются нечасто. Различная локализация аэроэмболов в головном мозге, мозговых оболочках и ликворных путях приводит к разнообразию симптоматики поражений.

После короткого латентного периода у больного развиваются сильная общая слабость, головная боль, головокружение, тошнота и рвота. Возможны различные степени нарушения сознания. Могут быть очаговые поражения головного мозга, сопровождающиеся появлением парестезии,

ослаблением мышечной силы, затруднениями речи, расстройствами походки, тремором головы и конечностей. В случае поражения стволового отдела мозга у больных могут возникать нарушения черепно-мозговой иннервации, проявляющиеся в асимметрии лица, косоглазии, снижении или полной двусторонней потере слуха и зрения, девиации языка.

Нарушения мозгового кровообращения могут приводить к психозам, которые выражаются в психомоторном возбуждении или подавленности, нарушении критической оценки действительности. Массивная аэроэмболия головного мозга может привести к резким вегетативным реакциям, судорогам, коматозному состоянию и коллапсу. Возможно быстрое наступление смерти от паралича дыхательного центра и остановки сердечной деятельности.

Иногда тяжелая форма декомпрессионного заболевания проявляется в виде меньероподобного синдрома. Причиной этой формы болезни являются газовые пузырьки, образующиеся в эндолимфе внутреннего уха и в сосудах лабиринта. Как правило, заболевание развивается остро и начинается с сильной головной боли, тошноты и рвоты. Затем появляются резкая общая слабость и головокружение, шум в голове, звон в ушах, ослабление или потеря слуха. У пострадавшего создается впечатление, что все окружающие предметы вращаются с большой скоростью вокруг него или он сам вращается вокруг них. Вследствие раздражения пузырьками вестибулярного аппарата нарушается тонус мышц, сохраняющих осанку и равновесие тела. Походка больного изменяется, при движении он постоянно отклоняется в сторону пораженного уха. В очень тяжелых случаях больной падает, так как не может удержаться в вертикальном положении. При осмотре определяются горизонтальный нистагм и выраженные вегетативные реакции (резкая бледность, сильное потоотделение, замедление пульса, нарушение дыхания).

За исключением меньероподобного синдрома симптомы других форм заболеваний не следует рассматривать как синдром. Возможно появление лишь 1-2 симптомов из вышеперечисленных.

Осложнения декомпрессионной болезни обычно возникают в результате поздно начатой или неправильно проведенной лечебной рекомпрессии. При тяжелых формах декомпрессионной болезни частыми осложнениями являются парезы и параличи конечностей, стойкие расстройства кожной чувствительности, атрофии отдельных мышечных групп, а также нарушения актов мочеиспускания и дефекации. В результате травматического действия внесосудистых газовых пузырьков и аэроэмболии кровеносных сосудов наступают органические поражения участков тканей головного мозга и гибель нервных клеток в очагах ишемии. Во внутренних органах могут возникнуть некротические очаги, абсцессы, инфаркты и другие тяжелые поражения. Недолеченные легкие формы заболевания могут привести к асептическим некрозам костей, ограничению функций суставов и развитию неспецифических артрозов. Декомпрессионные заболевания средней и тяжелой степени могут иметь серьезные последствия: инфаркты миокарда и легкого, кардиосклероз, пневмонии, абсцессы и ателектазы легких, плеврит и др.

При дифференциальном диагнозе декомпрессионную болезнь следует отличать от других водолазных заболеваний, имеющих сходные признаки: потерю сознания (при баротравме легких, кислородном голодании, отравлении кислородом и углекислым газом), парезы и параличи (при баротравме легких). При этом следует также учитывать тип водолазного снаряжения, конкретные условия спуска (глубину погружения, экспозицию на грунте, тяжесть выполняемой работы, нарушение режима декомпрессии) и динамику развития заболевания. С целью повышения объективности диагностики целесообразно использовать ультразвуковую аппаратуру для определения степени декомпрессионного газообразования в организме.

Декомпрессионная болезнь, как правило, не возникает при спусках на глубины менее 12 м. Для нее характерно постепенное развитие симптомов (ухудшение общего состояния, нарастание болей в суставах, мышечных группах и связках, ухудшение функций сердечно-сосудистой системы, развитие парезов и параличей), а для других водолазных заболеваний характерно внезапное начало с быстрым развитием симптомов.

8.2.6. Оказание помощи и лечение

Декомпрессионная болезнь у водолаза может возникнуть в воде, в барокамере или в условиях нормального давления после окончания декомпрессии.

Если признаки декомпрессионного заболевания появились во время проведения декомпрессии в воде, то оказание помощи проводится в соответствии с п. 6.1.6.6.

Радикальным методом лечения декомпрессионной болезни и первоочередным мероприятием при любой степени тяжести заболевания является лечебная рекомпрессия (повторное повышение давления). Лечебная рекомпрессия проводится в барокамере и включает в себя три этапа: повышение давления (компрессия) до избранной величины, экспозицию под наибольшим давлением (изопрессия) и последующее снижение давления до нормального по специальному режиму (декомпрессия).

Терапевтический эффект лечебной рекомпрессии при декомпрессионной болезни объясняется ее прямым воздействием на основной этиологический фактор — газовые пузырьки. Так, например, повышение окружающего давления в барокамере вызывает в соответствии с законом Бойля — Мариотта пропорциональное уменьшение объема всех находящихся в организме декомпрессионных газовых образований. При этом значительная часть газовых пузырьков может достигать размеров, не совместимых с существованием в свободной газовой фазе, и полностью растворяется в крови. Объем других уменьшается и достигает доэмболических размеров, что способствует восстановлению нарушенного кровообращения и улучшению состояния пострадавшего. Кроме того, пропорционально величине созданного давления в барокамере в соответствии с законом Генри — Дальтона возрастает газовая емкость

организма и вследствие значительного перепада давления индифферентного газа между газовым пузырьком и тканью создаются благоприятные условия для диффузии азота из пузырька в окружающие ткани.

Размеры пузырьков постепенно уменьшаются до критических, после чего они распадаются на отдельные молекулы и тем самым ликвидируется основная причина заболевания. Этот процесс требует определенного времени, продолжительность которого зависит от величины окружающего давления и объема газовых пузырьков. Для успешного лечения декомпрессионной болезни экспозиция под наибольшим давлением должна быть такой, чтобы обеспечить полную ликвидацию всех без исключения газовых пузырьков в органах и тканях пострадавшего. При неполном растворении газовых пузырьков последующее снижение давления неизбежно явится причиной повторного увеличения их объема. Этим в подавляющем числе случаев объясняются рецидивы заболевания в период декомпрессии или после ее завершения. Терапевтический эффект лечебной рекомпрессии проявляется еще и тем, что под давлением в барокамере создается повышенное парциальное давление кислорода, которое, несомненно, оказывает благоприятный эффект в отношении снижения степени гипоксии и гипоксемии, являющихся одним из ведущих звеньев в патогенезе декомпрессионной болезни. В настоящее время отсутствуют какие-либо объективные показатели (кроме данных ультразвукового исследования), свидетельствующие о полной ликвидации газовых пузырьков в организме в период пребывания под наибольшим давлением. Поэтому при практическом проведении рекомпрессии снижение давления начинается после определенной выдержки под наибольшим давлением, предусмотренной в выбранном режиме, с учетом самочувствия пострадавшего. Декомпрессия проводится в строгом соответствии с выбранным режимом, в котором учитывается дополнительно растворенный азот в период пребывания пострадавшего под наибольшим давлением в барокамере, а также неполное восстановление гемодинамики. Практикой установлено, что чем дольше существовала в организме газовая эмболия и чем длительнее было травмирующее воздействие газовых образований, тем больше требуется времени для нормализации нарушенных функций и тем значительнее могут быть выражены необратимые изменения в тканях и органах. В связи с этим важнейшим условием эффективного лечения декомпрессионной болезни является как можно более раннее применение лечебной рекомпрессии. Крайне опасны любые промедления в проведении лечебной рекомпрессии больным со средней и в особенности с тяжелой формами заболевания. Следует иметь в виду, что показания для применения рекомпрессии остаются до тех пор, пока имеются симптомы заболевания. В практике были случаи, когда лечебная рекомпрессия обеспечивала хороший эффект даже спустя 3-4 суток и более после начала заболевания. Авторы данной книги имеют опыт успешного лечения по специальным режимам лечебной рекомпрессии больных дайверов, поступивших в период до 6-24 суток после развития декомпрессионной болезни средней-тяжелой степени.

При выборе режима лечебной рекомпрессии (1, 2, 3 или 4) руководствуются состоянием пострадавшего и степенью тяжести декомпрессионного заболевания. Для оценки состояния больного необходимо также учитывать условия, при которых возникло заболевание: глубину спуска, длительность пребывания на грунте, индивидуальные особенности пострадавшего, а также характер допущенных нарушений правил спуска, которые могли привести к заболеванию.

При декомпрессионной болезни легкой степени (см. п. 8.2.5) используются режимы 1А—1Г, приведенные в табл. 24.

При использовании лечебных режимов 1А—1Г в барокамере создают максимальное избыточное давление воздухом 50 м вод.ст. и выдерживают заболевшего под этим давлением до исчезновения симптомов заболевания и дополнительно еще 30 мин, после чего в зависимости от полученной выдержки под наибольшим давлением проводят снижение давления до атмосферного по соответствующему режиму декомпрессии (1А, 1Б, 1В или 1Г). За выдержку под наибольшим давлением принимается время от момента начала компрессии в барокамере до начала снижения в ней давления на глубину первой остановки в соответствии с режимом лечебной рекомпрессии. Если фактическая выдержка под наибольшим давлением не совпадает с выдержкой, приведенной в табл. 24, то ее округляют до ближайшего большего значения, указанного в таблице. Переход с остановки на остановку, начиная со второй, проводится за 2 мин. Это время учитывается как время выдержки на очередной остановке.

Пример. У водолаза через 30 мин после выхода на поверхность появились небольшие боли в области правого коленного сустава и кожный зуд в области живота, что свидетельствовало о развитии у него декомпрессионной болезни в легкой форме. Пострадавшего поместили в барокамеру, в которой создали давление сжатым воздухом 50 м вод.ст. Через 20 мин от момента компрессии в период пребывания под давлением 50 м вод.ст. боли в коленном суставе и кожный зуд у пострадавшего прошли и в течение последующих 30 мин не возобновлялись. Общее время пребывания под наибольшим давлением составляет 50 мин. Принимаем для лечения режим 1А (см. табл. 24), который рассчитан на экспозицию под наибольшим давлением до 60 мин. После 30-минутного пребывания пострадавшего под наибольшим давлением от момента исчезновения у него болей давление в барокамере в течение 20 мин необходимо снизить до первой остановки (30 м вод.ст.). Затем после 30-минутной выдержки на первой остановке давление в барокамере в течение 10 мин необходимо снизить до второй остановки (20 м вод.ст.) и далее декомпрессию проводить в соответствии с режимом 1А: под давлением 20 м вод.ст. водолаза выдерживают 15 мин, после чего переводят на следующую остановку — 18 м вод.ст., на которой пострадавшего выдерживают также 15 мин и т.д. до снижения давления в барокамере до 0 м вод.ст.

При декомпрессионной болезни средней тяжести (см. п. 8.2.5) используются режимы 2А-2В, приведенные в табл. 25.

При использовании режимов 2А—2В давление в барокамере поднимают до 70 м вод.ст., выдерживают заболевшего до исчезновения сим-

Таблица 24. Режимы 1А-1Г лечебной рекомпрессии для лечения легких форм декомпрессионной болезни

Этапы лечебного режима	Номер режима			
	1А	1Б	1В	1Г
Наибольшее давление, м вод.ст.	50	50	50	50
Время выдержки под наибольшим давлением, мин	60	120	180	360
Время перехода до 1-й остановки, мин	20	20	20	20
Давление на 1-й остановке, м вод.ст.	30	30	30	30
Время выдержки на 1-й остановке, мин	30	30	30	73
Время перехода до 2-й остановки, мин	10	10	10	2
Давление на 2-й и последующих остановках, м вод.ст.:	Время выдержек на остановках, мин			
28	—	—	—	106
26	—	—	10	112
24	—	10	35	121
22	—	20	60	130
20	15	30	101	152
18	15	50	166	166
16	20	107	182	182
14	60	202	202	202
12	90	245	245	245
10	200	280	280	280
8	305	328	328	328
6	368	396	396	396
4	300	300	300	300
2	300	300	300	300
Итого:	28 ч 53 мин	38 ч 48 мин	44 ч 25 мин	51 ч 55 мин

птомов заболевания и дополнительно 30 мин, после чего в зависимости от времени выдержки под давлением 70 м вод.ст. проводят декомпрессию по соответствующему режиму (2А, 2Б или 2В).

Пример. Через 30 мин после окончания спуска на глубину 54 м водолаз предъявил жалобы на плохое самочувствие, сильные боли в правом коленном суставе, чувство стеснения в груди, одышку, неприятные ощущения в области сердца, резкую слабость и др. У пострадавшего отмечался резкий цианоз кожи и видимых слизистых, определялись частый пульс, глухие тоны сердца, частое поверхностное дыхание. Диагностировано декомпрессионное заболевание средней тяжести.

Таблица 25. Режимы 2А-2В лечебной рекомпрессии для лечения декомпрессионных заболеваний средней тяжести и баротравмы легких

Этапы лечебного режима	Номер режима		
	2А	2Б	2В
Наибольшее давление, м вод.ст.	70	70	70
Время выдержки под наибольшим давлением, мин	60	90	120
Время перехода до 1-й остановки, мин	20	20	20
Давление на 1-й остановке, м вод.ст.	50	50	50
Время выдержки на 1-й остановке, мин	30	30	30
Время перехода до 2-й остановки, мин	10	10	10
Давление на 2-й и последующих остановках, м вод.ст.:	Время выдержек на остановках, мин		
34	—	10	10
32	—	15	15
30	—	20	20
28	10	20	30
26	20	25	75
24	25	30	131
22	30	39	140
20	45	164	164
18	65	179	179
16	182	196	196
14	203	218	218
12	245	262	262
10	280	300	300
8	328	351	351
6	396	425	425
4	300	300	300
2	300	300	300
Итого:	41 ч 29 мин	48 ч 34 мин	52 ч 56 мин

Пострадавшего поместили в барокамеру, в которой создали давление сжатым воздухом 70 м вод.ст. Через 45 мин от момента начала компрессии в период пребывания под максимальным давлением боли в коленном суставе прошли, исчезли чувство стеснения в груди, одышка и неприятные ощущения в области сердца. В течение последующих 30 мин эти симптомы не возобновились. Общее время пребывания под давлением составило $45 + 30 = 75$ мин. Дальнейшее лечение следует прово-

дить по режиму 2Б, который рассчитан на экспозицию под давлением 90 мин. По истечении 30-минутного пребывания пострадавшего под давлением 70 м вод.ст. от момента исчезновения у него болезненных явлений (75 мин общего времени пребывания под давлением) давление в барокамере в течение 20 мин необходимо снизить до 1-й остановки (50 м вод.ст.). Затем после 30-минутной выдержки на 1-й остановке за 10 мин следует перейти на 2-ю остановку на 34 м вод.ст. После 10-минутной выдержки на этой остановке давление снижается до 32 м вод.ст. и т.д.

При возникновении декомпрессионной болезни в тяжелой форме используются режимы 3А-3В лечебной рекомпрессии, представленные в табл. 26.

При использовании режимов 3А-3В в барокамере создают воздухом максимальное избыточное давление, равное 100 м вод.ст. Под этим давлением заболевшего выдерживают 15 мин от начала компрессии, после чего давление снижают в течение 30 мин до 70 м вод.ст. Под указанным давлением заболевшего выдерживают до исчезновения болей и еще 30 мин, после чего в зависимости от полученной экспозиции (60,90 или 120 мин) давление снижают в течение 10 мин до 2-й остановки. За выдержку под давлением 70 м вод.ст. в данном режиме принимается время от момента прихода на 1-ю остановку (70 м вод.ст.) до начала перехода на 2-ю остановку.

Пример. У водолаза через 15 мин после окончания декомпрессии появились резкая боль в области коленного сустава, быстро нарастающее ухудшение общего самочувствия, частое и поверхностное дыхание, бледность кожных покровов, холодный и липкий пот, сильная слабость, что свидетельствовало о развитии декомпрессионной болезни в тяжелой форме. Пострадавшего вместе с водолазным фельдшером поместили в барокамеру, в которой создали давление сжатым воздухом 100 м вод.ст. Через 15 мин от момента начала компрессии давление в барокамере в течение 30 мин снизили до 70 м вод.ст. В период пребывания под давлением 100 м вод.ст. и в ходе перехода на 1-ю остановку (70 м вод.ст.) состояние пострадавшего значительно улучшилось, у него исчезла одышка, нормализовался цвет кожи лица, исчезла слабость, уменьшились боли в коленном суставе. Через 50 мин пребывания под давлением 70 м вод.ст. самочувствие пострадавшего стало хорошим, боли в коленном суставе полностью исчезли и в течение последующих 30 мин не возобновились. Общее время под давлением 70 м вод.ст. составило 80 мин (50 мин + 30 мин). Для лечения был принят режим 3Б (см. табл. 26), который рассчитан на экспозицию под давлением 70 м вод.ст. до 90 мин. По истечении 30-минутного пребывания под давлением 70 м вод.ст. с момента исчезновения у пострадавшего признаков декомпрессионной болезни давление в барокамере в течение 10 мин снизили до 2-й остановки (44 м вод.ст.). Затем декомпрессию проводили в соответствии с режимом 3Б: под давлением 44 м вод.ст. водолаза выдержали 10 мин, под давлением 42 м вод.ст. - также 10 мин и т.д. до снижения давления в барокамере до атмосферного (0 м вод.ст.).

При проведении лечебной рекомпрессии могут быть случаи, когда при использовании выбранного режима отсутствует выраженный положительный эффект.

Таблица 26. Режимы 3А-3В лечебной рекомпрессии для лечения тяжелой формы декомпрессионной болезни и для лечения баротравмы легких

Этапы лечебного режима	Номер режима		
	3А	3Б	3В
Наибольшее давление, м вод.ст.	100	100	100
Время выдержки под наибольшим давлением, мин	15	15	15
Время перехода до 1-й остановки, мин	30	30	30
Давление на 1-й остановке, м вод.ст.	70	70	70
Время выдержки на 1-й остановке, мин	60	90	120
Время перехода до 2-й остановки, мин	10	10	10
Давление на 2-й и последующих остановках, м вод.ст.:	Время выдержек на остановках, мин		
46	—	—	5
44	10	10	10
42	10	10	10
40	10	10	15
38	10	10	15
36	10	15	15
34	10	20	35
32	15	30	45
30	20	45	113
28	30	63	123
26	50	132	132
24	113	140	141
22	152	152	152
20	164	164	164
18	178	178	178
16	196	196	196
14	218	218	218
12	262	262	262
10	300	300	300
8	351	351	351
6	425	425	425
4	300	300	300
2	300	300	300
Итого:	53 ч 54 мин	57 ч 41 мин	61 ч 05 мин

Если при лечении декомпрессионного заболевания по режиму 1А, 1Б, 1В или 1Г в период пребывания под давлением 50 м вод.ст. у пострадавшего в течение первых 15—20 мин не наступило улучшения общего состояния и уменьшения интенсивности проявления болевых симптомов декомпрессионной болезни, то давление в барокамере повышается со скоростью 15-20 м/мин до 70 м вод.ст. При отсутствии положительного эффекта лечения под давлением 70 м вод.ст. в течение первых 15—20 мин давление в барокамере повышается до 100 м вод.ст., и лечебная рекомпрессия в данном случае проводится по одному из вариантов 3-го режима (3А, 3Б или 3В), выбранному с учетом времени выдержки на 1-й остановке (под давлением 70 м вод.ст.).

Пример. Пострадавший водолаз с явлениями декомпрессионной болезни в легкой форме (боль в коленном суставе) помещен в барокамеру под давление 50 м вод.ст. В течение 15-минутного пребывания пострадавшего под указанным давлением его общее состояние не изменилось, интенсивность болевых ощущений в области коленного сустава не уменьшилась.

Давление в барокамере в течение 2 мин было повышено воздухом до 70 м вод.ст. Общее состояние пострадавшего и интенсивность болей в коленном суставе, по заявлению пострадавшего, в течение 15 мин под указанным давлением не изменились. Давление в течение 2 мин было повышено до 100 м вод.ст. На 9-й минуте пребывания пострадавшего под указанным давлением наступило улучшение общего самочувствия и некоторое уменьшение интенсивности болей в коленном суставе. По истечении 15-минутного периода от момента начала компрессии от давления 70 до 100 м вод.ст. приступили к снижению давления в барокамере в течение 30 мин по 3-му режиму до 1-й остановки (70 м вод.ст.). На 1-й остановке через 30 мин боли в коленном суставе прошли и самочувствие стало хорошим. В течение последующих 30 мин боли в коленном суставе не появлялись, общее самочувствие не ухудшилось. По истечении 60-минутного пребывания на 1-й остановке (70 м вод.ст.) начали декомпрессию по режиму 3А, согласно которому время пребывания на 1-й остановке допускается до 60 мин.

При наличии на плавсредстве гелия или 7 %-ной кислородно-гелиевой смеси (7 % КГС), а также системы очистки газовой среды барокамеры от CO_2 для лечения декомпрессионной болезни в тяжелой форме используются режимы лечебной рекомпрессии 4А—4В, представленные в табл. 27.

При проведении лечения по режимам 4А-4В компрессия в барокамере до 100 м вод.ст. может осуществляться в двух вариантах:

- подача в барокамеру 7 % КГС со скоростью 20 м/мин до рабочего давления;
- подача в барокамеру вначале сжатого воздуха до 30 м вод.ст. и затем гелия до рабочего давления.

В обоих случаях в период компрессии должна работать система аварийной регенерации для перемешивания кислородно-азотно-гелиевой среды (КАГСр). Заболевший выдерживается под наибольшим давле-

нием до исчезновения болей и еще 30 мин, после чего давление снижается по режиму 4А (при экспозиции под наибольшим давлением до 60 мин), 4Б (при экспозиции под наибольшим давлением 180 мин) и 4В (при экспозиции под наибольшим давлением до 360 мин).

Полное отсутствие лечебного эффекта под давлением 100 м вод.ст. в течение 180 мин свидетельствует о необратимых изменениях в организме вследствие газовой эмболии либо о неправильной диагностике заболевания. Дальнейшая выдержка под давлением в этом случае является нецелесообразной, и давление должно быть снижено по режиму 4Б. Появление даже незначительного лечебного эффекта в процессе 180-минутной экспозиции под давлением свидетельствует о положительном влиянии лечебной рекомпрессии. В этом случае выдержка больного под давлением 100 м вод.ст. должна быть продолжена до наступления стабильного состояния, но не более 360 мин и затем проведена декомпрессия по режиму 4В.

Время пребывания под давлением 100 м вод.ст. исчисляется от момента начала компрессии до начала снижения давления до 1-й остановки. В период пребывания пострадавшего под давлением 100 м вод.ст. и во время декомпрессии до остановки 72 м вод.ст. содержание кислорода в КАГСр составляет $7,0 \pm 1,0$ %. Поддержание заданного процентного содержания кислорода в газовой среде в период пребывания на грунте и во время декомпрессии проводится вручную путем подачи кислорода из транспортного баллона через кислородную систему барокамеры. За 10—15 мин до перехода с остановки 72 м вод.ст. на остановку 70 м вод.ст. производится обогащение газовой среды барокамеры кислородом с 7 до 10 %. Подача кислорода в барокамеру для поддержания его заданного процентного содержания и для обогащения газовой среды производится в соответствии с расчетом, приведенным в пп. 3.1.6—3.1.8 приложения 2. При дальнейшем переходе на новый состав газовой среды обогащение газовой среды кислородом производится аналогичным способом. Замена газовой среды на воздух производится путем вентиляции.

При рецидивах декомпрессионной болезни после окончания лечебной рекомпрессии или в ходе ее проведения требуется повторная лечебная рекомпрессия. Если рецидив декомпрессионной болезни возник в ходе проведения лечебной рекомпрессии, то дальнейшую декомпрессию по данному лечебному режиму прекращают и начинают проводить повторную рекомпрессию по новому лечебному режиму. Начинать повторную лечебную рекомпрессию необходимо в возможно короткие сроки, не дожидаясь усиления симптомов и отягощения общего состояния больного. Компрессию при повторной лечебной рекомпрессии проводят со скоростью 10-20 м/мин до давления, при котором наступит заметное улучшение состояния больного. В процессе повышения давления через каждые 10 м вод.ст. делают остановки на 5—10 мин, на которых запрашивают самочувствие больного. После улучшения его состояния давление повышают еще на 10 м вод.ст., выдерживают больного под этим давлением до исчезновения симптомов заболевания и дополнительно еще 60 мин.

В случае рецидива заболевания в барокамере, не имеющей системы

Таблица 27. Режимы 4А-4В лечебной рекомпрессии для лечения тяжелой формы декомпрессионной болезни и для лечения баротравмы легких

Этапы лечебного режима	Номер режима		
	4А	4Б	4В
Состав газовой среды:	7 %-ная кислородно-азотно-гелиевая (7 % КАГСр)		
Наибольшее давление, м вод.ст.	100	100	100
Время выдержки под наибольшим давлением, мин	60	180	360
Время перехода до 1-й остановки, мин	6	8	24
Давление на остановках, м вод.ст.:	Время выдержек, мин		
88	—	—	90
86	—	—	90
84	—	5	100
82	2	20	90
80	7	20	100
78	11	25	100
76	11	35	110
74	11	35	100
72	12	45	110
Состав газовой среды:	10 %-ная кислородно-азотно-гелиевая (10 % КАГСр)		
70	8	40	80
68	13	40	80
66	18	50	80
64	18	55	80
62	19	65	90
60	20	75	90
58	29	90	90
56	33	95	100
54	35	100	100
52	46	110	110
50	54	115	120
48	66	125	125
46	79	130	130
44	108	140	145
42	136	145	150
40	136	150	150
38	144	155	160
36	152	160	160
34	159	170	170
Состав газовой среды:	Воздух или 20 % КАГСр		10 % КАГСр
32	91	95	180
30	94	95	190

Давление на остановках, м вод.ст.:	Номер режима		
	4А	4Б	4В
	Время выдержек, мин		
28	98	100	200
26	102	105	220
24	108	110	230
22	117	120	250
Состав газовой среды:	Воздух или 20 % КАГСр		
20	130	135	145
18	146	150	160
16	162	170	180
14	181	190	200
12	202	210	210
10	227	240	250
8	255	270	300
6	290	310	370
4	334	360	470
2	394	430	610
Суммарное время нахождения при декомпрессии в среде:			
7 % КАГСр	60 мин	193 мин	914 мин
10 % КАГСр	1273 мин	2010 мин	3470 мин
воздуха	2931 мин	3090 мин	2895 мин
Общее время декомпрессии:	71 ч 04 мин	88 ч 13 мин	121 ч 19 мин

подачи гелия или КГС, компрессия в барокамере проводится сжатым воздухом до давления не более 70 м вод.ст.

Выдержка под наибольшим давлением при компрессии воздухом не должна превышать следующих значений:

- под давлением от 0 до 20 м вод.ст.: 6 ч,
- под давлением от 22 до 40 м вод.ст.: 3 ч,
- под давлением от 42 до 50 м вод.ст.: 2 ч,
- под давлением от 52 до 70 м вод.ст.: 1 ч.

После окончания выдержки под выбранным давлением декомпрессию проводят по конечной части воздушного режима 3В. При этом продолжительность выдержек на каждой из остановок увеличивается на 40 % (например, время на остановке 10 м вод.ст. в режиме 3 В должно составить: 300 мин • 1,4 = 420 мин).

Если барокамера оборудована системой подачи в нее гелия и системой очистки газовой среды от CO₂, то при возникновении рецидива заболевания у водолаза под давлением менее 20 м вод.ст. компрессию в барокамере проводят до 30 м вод.ст. воздухом, а затем гелием. В случае возникновения заболевания у водолаза под давлением более 30 м вод.ст. компрессию производят гелием. В процессе компрессии система очистки газовой среды должна быть включена для перемешивания газовой среды. Определение максимальной величины давления, при котором

должен находиться заболевший водолаз, и экспозиции под этим давлением при повторной лечебной рекомпрессии в данном случае производится в том же порядке, что и при компрессии воздухом. При этом не должно превышать давление 100 м вод.ст., а выдержка под этим давлением должна быть не более 6 ч. После окончания выдержки под максимальным давлением декомпрессия производится по конечной части режима 4В вне зависимости от продолжительности выдержки под наибольшим давлением.

В период пребывания под наибольшим давлением содержание кислорода, углекислого газа и вредных веществ поддерживается в соответствии с табл. 28.

Таблица 28. Содержание кислорода, углекислого газа, вредных веществ и параметры микроклимата в барокамере при проведении лечебной рекомпрессии

Этап лечебной рекомпрессии	№ режима	Давление в барокамере, м вод. ст.	O ₂ , %	CO ₂ , %	CO, мг/м ³	Σ CH ₄ , мг/м ³	Температура, °C	Относит. влажн., %
При максимальном давлении	1	50	20,0±1,0	1,0	5,0	50,0	20,0±1,0	40–80
	2	70	20,0±1,0	1,0	5,0	50,0	20,0±1,0	40–80
	3	100	20,0±1,0	1,0	5,0	50,0	20,0±1,0	40–80
	4	100	7,0±1,0	1,0	5,0	50,0	28,0±0,5	40–80
При декомпрессии	1–3	От макс. до 0 м	20,0±1,0	1,0	5,0	50,0	20,0±1,0	40–80
	4А, Б, В	100–72	7,0±1,0	1,0	5,0	50,0	27,0±1,0	40–80
	4А, Б	70–34	10,0±1,0	1,0	5,0	50,0	26,0±1,0	40–80
		32–0	20,0±1,0	1,0	5,0	50,0	25,0±1,0	40–80
	4В	70–22	10,0±1,0	1,0	5,0	50,0	26,0±1,0	40–80
		20–0	20,0±1,0	1,0	5,0	50,0	25,0±1,0	40–80

Примечание. Приведенные нормативы содержания CO₂ и вредных веществ справедливы для измерений в условиях повышенного давления. В случае измерения их концентраций в редуцированном воздухе для получения фактической концентрации показатели, полученные при анализе, следует умножить на величину абсолютного давления в барокамере.

Поддержание заданного процентного содержания кислорода в газовой среде барокамеры осуществляется в соответствии с п. 3.1 приложения 2 путем вентиляции барокамеры или периодического обогащения газовой среды кислородом. Контроль химического состава газовой среды барокамеры осуществляется с помощью газоанализаторов на O₂ и CO₂, а концентрации CO и Σ CH₄ — с помощью экспресс-анализатора в барокамере под давлением.

Если заболевший находится в бессознательном состоянии, то в период повышения давления в барокамере необходимо периодически раскрывать рот больному и потягивать его за язык для предупреждения надавливания

на барабанные перепонки. В случае отсутствия дыхания и прекращения деятельности сердца применяют искусственную вентиляцию легких и наружный массаж сердца в соответствии с приложением 18.

Усиление болей в суставах и мышцах при повышении давления в барокамере связано с изменением давления газовых пузырьков на нервные окончания и является благоприятным прогностическим признаком. Эти боли обычно быстро проходят, и прекращать повышение давления в барокамере в этом случае не нужно.

Иногда головная боль, шум в ушах, тошнота и рвота могут быть результатом надавливания на барабанные перепонки в период повышения давления. Отличать такие случаи от рецидива декомпрессионной болезни следует путем опроса больного, осмотра барабанных перепонки, которые в этом случае будут гиперемизированы, а также на основании жалоб больного на резкие боли в ушах во время повышения давления. При полной уверенности в том, что наступившие явления вызваны не декомпрессионной лабиринтопатией, а надавливанием на барабанные перепонки, повторную рекомпрессию не производят.

По окончании лечебной рекомпрессии, закончившейся полным выздоровлением, водолаз должен оставаться вблизи барокамеры не менее 6 ч под наблюдением врача. В этот период водолазный врач через каждые 3-4 ч производит опрос жалоб и осмотр больного. Горячий душ, общая горячая ванна, а также физическая нагрузка после завершения лечебной рекомпрессии противопоказаны. Они могут быть разрешены не ранее чем через 24 ч после ее окончания.

В случае, если повторная лечебная рекомпрессия при рецидиве заболевания не дала полного излечения, через 6 ч после окончания лечебной рекомпрессии водолаза направляют в лечебно-профилактическое учреждение на стационарное обследование и лечение остаточных явлений заболевания с последующим освидетельствованием.

В дополнение к лечебной рекомпрессии по медицинским показаниям должна проводиться симптоматическая терапия. При всех клинических формах заболевания показано применение салицилатов, оказывающих анальгезирующее, противовоспалительное и антикоагуляционное действие. При легкой и средней степенях заболевания назначают ацетилсалициловую кислоту (аспирин) по 0,1-0,15 г 2-3 раза в сутки в течение 3 сут от начала заболевания.

Для предупреждения обезвоживания организма и улучшения процессов десатурации при легкой и средней степенях заболевания должны использоваться чай, кофе, компоты, овощные или фруктовые соки.

Для профилактики легочной формы отравления кислородом при использовании режимов 1Г, 2В и 3В, особенно при лечении рецидивов, больному следует назначать аскорбиновую кислоту по 0,1 г на прием 4-5 раз в сутки, аскофен по 1 таблетке 3 раза в сутки и витамин Е по 1 чайной ложке 1-2 раза в день. Применение препаратов, содержащих витамины группы В, в данном случае противопоказано.

Для нормализации деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем при средней и тяжелой формах болезни следует применять

но-шпу и трентал (по (таблетке), сердечные гликозиды: 1 мл 0,06 %-ного раствора коргликона в 10 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно, 2 мл кордиамина внутримышечно или медленно внутривенно.

При наличии у больного предсердной или мерцательной аритмии назначают препараты, блокирующие β -адренергические рецепторы (обзидан в таблетках по 10 мг 3 раза в день или 4 мл 0,25 %-ного раствора изоптина внутривенно). Для улучшения тканевой перфузии, уменьшения проницаемости капилляров и увеличения сердечного выброса назначают глюкокортикостероиды (гидрокортизон 2 мл 2,5 %-ной суспензии внутримышечно, преднизолон 30 мг в 1 мл физиологического раствора внутривенно капельно).

Для предупреждения сгущения крови и нарушений электролитного баланса показано назначение полиионных растворов. Перед началом вливаний растворы должны быть подогреты до температуры тела 35-37 °С. При тяжелой форме заболевания может использоваться система для длительных внутривенных вливаний (с венепункцией или венесекцией периферических вен) солевых и коллоидных плазмозамещающих растворов (см. приложение 18): изотонический раствор хлорида натрия и 5 %-ный раствор глюкозы по 1-2 л в сутки, лактосол, полиглюкин, реополиглюкин, желатиноль. До начала инфузионной терапии и в процессе ее проведения рекомендуется применять средства, обладающие сосудорасширяющим действием для венечных сосудов сердца, мозговых и почечных артерий: 1-2 мл 0,2 %-ного платифиллина внутримышечно или эуфиллин (1,0-1,5 мл 24 %-ного раствора внутримышечно или 5—10 мл 2,4 %-ного раствора в 20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно), а также внутримышечно или внутривенно антигистаминные препараты типа димедрола (1-2 мл 1 %-ного раствора), 2 мл 2,5 %-ного раствора дипразина (пипольфена) или 1-2 мл 2 %-ного раствора супрастина внутримышечно или внутривенно.

При тяжелых формах заболевания для предупреждения осложнений, связанных с повышенной свертываемостью системы крови, применяют гепарин (в первые часы вводят 15 000 - 20 000 ЕД внутривенно или внутримышечно), а затем через 6-8 ч повторно 10 000 ЕД в 200 мл 5 %-ного раствора глюкозы внутривенно капельно. Решение о повторной инъекции препарата принимается после определения времени свертывания крови по Ли - Уайту. При явлениях адренокортикальной недостаточности для уменьшения проницаемости капилляров и увеличения сердечного выброса применяют кортикостероиды (0,025-0,05 г преднизолона перорально 2-3 раза в сутки или 0,025—0,05 г кортизона в виде суспензии внутримышечно). Во всех случаях до начала лечебной рекомпрессии показаны ингаляции кислорода и применение различных тепловых процедур, способствующих улучшению кровообращения.

При парезах и параличах показано внутримышечное введение 1 мл церебролизина внутримышечно 1 раз в день и гаммалона (аминалона) внутрь по 0,5 г 3 раза в день. Катетеризация мочевого пузыря, очистительные клизмы и паранефральная блокада должны проводиться по обычной методике, которая применяется в случаях пареза (паралича) тазовых органов (см. приложение 18).

Для предупреждения пролежней в случае парезов и параличей конечностей пострадавшего периодически переворачивают с боку на бок и на спину, производят протирания кожи в области крестца и поясницы салициловым спиртом.

Передача в барокамеру медикаментов и их использование должны проводиться с учетом требований п. 7.4.18.

8.2.7. Профилактика

Основное профилактическое мероприятие, направленное на предупреждение возникновения у водолазов декомпрессионной болезни, заключается в правильном выборе режима декомпрессии с учетом особенностей водолазного спуска и в проведении декомпрессии в строгом соответствии с выбранным режимом (см. приложение 22).

Выбор режима декомпрессии водолаза осуществляется с учетом следующих данных:

- глубины спуска и времени пребывания водолаза на грунте. При этом время пребывания водолаза на грунте исчисляется с момента начала спуска водолаза на грунт (начала компрессии в барокамере) до начала подъема его с грунта (начала декомпрессии);
- характера и тяжести выполняемой водолазом работы;
- индивидуальных особенностей водолаза (возраста, опыта работы под водой, уровня физической тренированности, самочувствия водолаза под водой, предрасположенности к декомпрессионной болезни и др.).

В зависимости от этих данных может быть выбран основной или удлиненный режим в соответствии с п. 7 приложения 22.

В процессе декомпрессии необходимо строго соблюдать глубины остановок и время выдержек на них. Для предотвращения накопления в скафандре повышенной концентрации углекислого газа при использовании вентилируемого снаряжения следует обеспечивать необходимую его вентиляцию. Не допускать больших физических напряжений в ходе декомпрессии и в первые 6 ч после ее завершения. Полезно проводить нерезкие разминочные движения конечностями к концу выдержек на остановках.

Профилактика декомпрессионной болезни включает в себя также такие мероприятия, как тщательный медицинский и профессиональный отбор водолазов, динамическое наблюдение за состоянием их здоровья и физической тренированностью, режимами труда, отдыха и питания, качественный медицинский осмотр перед спуском, строгое соблюдение правил техники безопасности при выполнении водолазных работ.

При отборе кандидатов в водолазы целесообразно проводить проверку чувствительности к декомпрессионной болезни по следующей методике. Свидетельствуемые после медицинского осмотра размещаются в многоместной барокамере, повышается давление воздухом до 24 м вод.ст. со скоростью 10-20 м/мин, после 30-минутной выдержки под этим давлением (с учетом времени компрессии) проводится безостановочная декомпрессия с максимально возможной скоростью. По окон-

чании декомпрессии проводится медицинский осмотр и наблюдение за свидетельствуемыми в течение 2 ч. В случае появления первых признаков декомпрессионного заболевания в виде кожного зуда, локального изменения окраски кожных покровов, появления пятен или сыпи свидетельствуемый немедленно включается на дыхание чистым кислородом до исчезновения первых признаков заболевания. Такие лица признаются имеющими пониженную устойчивость к декомпрессионному заболеванию. При наличии ультразвуковой доплеровской аппаратуры после окончания декомпрессии производится объективная оценка степени газообразования в крови по шкале Спенсера.

8.3. Баротравма легких

8.3.1. Определение

Под баротравмой легких понимается комплекс патологических явлений, возникающих в результате разрыва или перерастяжения легочной ткани вследствие резкого повышения или понижения внутрилегочного давления. При этом у пострадавшего могут возникнуть явления плевропульмонального шока и происходит проникновение воздуха в кровеносное русло с последующей эмболизацией сосудов жизненно важных органов.

Баротравма легких обычно возникает внезапно и требует немедленного проведения специфического лечения. Без проведения лечебной рекомпрессии пострадавший, не выходя из бессознательного состояния, может погибнуть от тяжелых сердечно-сосудистых расстройств и нарушений функции дыхания.

8.3.2. Историческая справка

Задолго до начала применения водолазного снаряжения с открытой, полужамкнутой и замкнутой схемами дыхания, при использовании которых наиболее часто возникает баротравма легких, в литературе были описаны случаи малоизвестного заболевания, которое ошибочно относили к несчастным случаям или к декомпрессионной болезни. Так, например, в 1865 г. П.Бер привел 3 случая такого заболевания кессонных рабочих со смертельным исходом вследствие быстрого разрежения воздуха при аварии кессона. В 60-70-х годах XIX века в России при строительстве мостов и кессонов отмечались случаи гибели рабочих-кессонщиков от быстрого снижения давления в кессонах. Смерть наступала вскоре после выхода из кессона. У пострадавших почти во всех случаях отмечались потеря сознания и кровотечение изо рта и из носа. Н.М.Андерсон в 1927 г. описал подобную патологию у водолаза при быстром всплытии с глубины 11 м. В 1930 г. И.Б.Полак и С.Л.Тибалс сообщили о смертельном случае с подводником после тренировочного всплытия без снаряжения из водолазного колокола с глубины 10 м. Через 1 мин после всплытия развился коллапс, а спустя 10 мин, несмотря на оказанную помощь, пострадавший скончался. На вскрытии обнаружены эмфизема средостения и большое количество

пузырьков газа в сердце и кровеносных сосудах. Причиной обоих случаев считалась декомпрессионная болезнь.

В течение длительного времени это заболевание не имело единого названия. Предложенные различными авторами названия основывались или на его симптоматике, или на механизме возникновения, или на аналогии методов лечения с декомпрессионной болезнью. Так, Л.К.Макклетчи (1931) и Е.В.Браун (1931), учитывая наличие у заболевших потери сознания и изменения со стороны сердечно-сосудистой системы, предложили назвать это заболевание «коллапсом» или «шоком». Б.Х.Адамс (1931) рассматривал это заболевание как «острую разновидность декомпрессионной болезни». В 1932 г. Б.Х.Адамс и И.Б.Полак при описании нескольких случаев тяжелых заболеваний зачастую со смертельным исходом, возникавших при всплытии с глубин на поверхность при использовании изолирующих дыхательных аппаратов, предложили термин «травматическая газовая эмболия». Травму легочной ткани с последующей газовой эмболией эти авторы выявили в экспериментах на собаках. С.И.Прикладовицкий (1936), основываясь на сходстве заболевания с декомпрессионной болезнью (наличие газовой эмболии) и одинаковых методах лечения, предложил термин «кессоноподобная болезнь», С.П.Шистовский (1936) назвал эту патологию «ложнокессонная болезнь», а Б.Д.Кравчинский (1936) - «псевдокессонная болезнь». К.А.Павловский (1943) предложил название «воздушная травма легких». Н.К.Кривошеев (1946) дал название «баротравма легких с артериальной газовой эмболией», что вряд ли является удачным, поскольку газовая эмболия представляет собой лишь одно из патогенетических звеньев заболевания. Е.Э.Герман и В.А.Алексеев (1955) предложили термин «баротравма легких», который существует до настоящего времени.

В 60—70-х годах XX века в нашей стране были проведены исследования, направленные на изучение отдельных сторон развития баротравмы легких. Подробные исследования этиопатогенеза баротравмы легких были проведены Ю.М.Полумисковым (1964). В экспериментальных исследованиях им была обнаружена высокая корреляционная зависимость развития эмболии при воздушной травме легочной ткани от величины перепада давления в легких, установлено различие в клинических проявлениях заболевания в зависимости от состава дыхательной смеси, а также показана эффективность некоторых лечебных мероприятий (применения для дыхания кислорода, отсоса газа из плевральной полости). В.Я.Назаркиным (1979) собран статистический материал по баротравме легких и проведены исследования по уточнению ее патогенеза.

Баротравма легких остается одним из основных видов патологии водолазов, несмотря на вскрытие ее основных этиопатогенетических звеньев, разработки мер ее профилактики и лечения. В последние десятилетия в связи со все большим распространением водолазного снаряжения с открытой схемой дыхания баротравма легких выходит на одно из первых мест по частоте среди специфических и неспецифических заболеваний водолазов. Д.Эллиотт и соавт. (1975) при анализе 127 заболеваний водолазов отметили баротравму легких у 88 пострадавших (70 %). Такой же процент

баротравмы легких был отмечен ранее (Пирано Д.Х. и соавт., 1955) при выходе подводников в снаряжении с замкнутой схемой дыхания из тренировочной башни: 22 заболевания из 32 несчастных случаев. Ю.П.Будрин (1976) отметил, что при использовании аквалангов причиной смерти в 80 % случаев является баротравма легких и в 20 % — утопление.

8.3.3. *Этиология*

Причиной возникновения баротравмы легких является быстрое повышение или понижение внутрилегочного давления по сравнению с наружным (более чем на 40—50 мм рт.ст.) и растяжение или сжатие легких, превышающее пределы их эластических свойств. В этих условиях происходит разрыв легочной ткани и кровеносных сосудов с проникновением альвеолярного воздуха в кровеносное русло. При разрыве плевры у корня легкого воздух может проникнуть в клетчатку средостения и под кожу.

Механическое повреждение легочной ткани при повышении внутрилегочного давления происходит только при условии расширения грудной клетки и растяжения легких за пределы их эластических (упругих) свойств. Упругие свойства легких выражаются растяжимостью:

$$C = \frac{\Delta V_1}{\Delta P_1},$$

где C — растяжимость легких; ΔV_1 — изменение объема легких; ΔP_1 — изменение транспульмонального давления. Транспульмональное давление (P_1) — это разность между давлением в альвеолах и давлением в плевральной щели за счет эластической тяги легких, составляющая в среднем примерно 3 мм рт.ст. У взрослых растяжимость легких составляет приблизительно 200 мл/см вод.ст.

Этот механизм повреждения легочной ткани был подтвержден в опытах на собаках, которым на брюшную и грудную стенки накладывались плотные бинды, препятствующие чрезмерному расширению грудной клетки. В этих условиях при резком повышении внутрилегочного давления даже более 80—100 мм рт.ст. разрыва легочной ткани не отмечалось. Это свидетельствует о том, что бинды, наложенные на грудную клетку, предохраняют легкие от растяжения за пределы физиологических допустимых величин и от разрыва легочной ткани.

Чаще всего повышение давления в легких происходит в результате задержки дыхания при подъеме или всплытии водолаза в любом виде водолазного снаряжения, а также при снижении давления в барокамере. Задержка дыхания может быть произвольной или не зависящей от сознания человека. Непроизвольная задержка дыхания может встретиться у водолазов при спазме голосовой щели (например, при судорожном припадке), а также при попадании в ротовую полость или в нос воды, в результате чего наступает рефлекторный спазм голосовой щели. В период всплытия с глубины на поверхность воздух, содержащийся в легких, расширяется и разрывает легкие.

Сравнительно большую опасность представляет подъем с малых глубин, поскольку при этом относительный перепад давления в системе «аппарат — легкие» является наибольшим. Например, при подъеме на поверхность с глубины 10 м объем газа в системе «аппарат — легкие» увеличивается вдвое (на 100 %), а от 20 до 10 м — в полтора раза (на 50 %). Х.Дж.Элвис (1952) описал случай баротравмы легких при свободном всплытии с глубины 3,3 м.

При снижении давления в легких в связи с недостатком вдыхаемого воздуха, кислорода или искусственной дыхательной газовой смеси у водолаза развивается одышка, при этом на непроизвольном максимальном вдохе легкие, следующие за расширяющейся грудной клеткой, без выравнивания в них давления почти не расправляются. В плевральной полости, в легочных альвеолах и воздухоносных путях легких в момент вдоха создается разрежение. Если сила разрежения превысит критическую величину эластической прочности легочной ткани (40–80 мм рт.ст.), то наступает растяжение, а затем разрыв альвеолярных стенок и примыкающих к ним сосудов. При выравнивании внутрилегочного давления с окружающим (после всплытия на поверхность или выключения из аппарата) альвеолярный воздух через разорванные кровеносные сосуды поступает в кровеносное русло и вызывает характерные симптомы газовой эмболии.

Экспериментально установлено, что при растяжении в легких до 50 мм рт.ст. происходит сильное переполнение их кровью за счет присасывающего действия грудной клетки. Разрежение в легких до 80–90 мм рт.ст. сопровождается кровоизлияниями в легочную ткань, а при разрежении более 90 мм рт.ст. — ее разрывом.

Сильное растяжение легочной ткани приводит к возникновению эмфиземы легких, разрыву плевры и проникновению воздуха в область средостения, под кожу шеи, грудной клетки и верхних конечностей, в результате чего образуется подкожная эмфизема.

В.Я.Назаркин (1979), проанализировав условия возникновения 119 случаев баротравмы легких, показал, что 82 % случаев было связано с повышением давления в легких и 18 % — с понижением; 45,3 % всех случаев возникло при использовании водолазного снаряжения с замкнутой схемой дыхания, 15,1 % - при проведении сеансов гипербарической оксигенации, 12,6 % — при свободном всплытии без аппарата, по 9,3 % случаев приходилось на использование снаряжения с открытой схемой дыхания и водолазных барокамер, 4,2 % — на использование изолирующих аппаратов и 2,5 % - фильтрующих противогазов. Без использования аппаратов и гипербарических средств в условиях нормального давления произошло 1,7 % случаев.

Баротравма легких возможна также в результате воздействия на организм подводной взрывной волны, при утоплении и в других случаях.

При использовании водолазного снаряжения с замкнутой и полужамкнутой схемами дыхания (особенно при наличии загубника) повышение давления в системе «аппарат — легкие» возможно в случаях:

- произвольной или непроизвольной задержки дыхания при подъеме или всплытии;

- резкого нажатия или удара по дыхательному мешку (при неосторожных движениях водолаза или окружающих, при работе в узкостях, в прибойной зоне и т.п.), что особенно опасно при закрытой крышке травяще-предохранительного клапана;
- избыточной или быстрой подачи кислорода (40 % КАС) дыхательный мешок;
- неисправности в работе дыхательного автомата или редуктора, приводящей к резкой или избыточной подаче кислорода (смеси);
- неисправности травяще-предохранительного клапана дыхательного мешка или его закрытия при подъеме на поверхность;
- всплытия на поверхность после выключения из аппарата под водой (что представляет большую опасность и требует от водолаза навыков осуществления регулируемого выдоха).

Понижение давления при использовании водолазного снаряжения с замкнутой и полужамкнутой схемами дыхания возможно в случаях:

- отсутствия или израсходования кислорода (40 % КАС) в баллонах;
- спусков под воду с закрытыми вентилями баллонов;
- неисправности дыхательного автомата или редуктора, приводящей к прекращению или значительному уменьшению подачи кислорода (смеси);
- неправильного проведения промывок, когда производится вдох из пустого мешка;
- падения водолаза на грунт без пополнения объема дыхательного мешка;
- выпуска загубника изо рта с последующим дыханием из подшлемного пространства;
- вытравливания кислорода (газовой смеси) из мешка при выдохе носом или через открытый травящий клапан при работе под водой лежа на спине.

Вероятность возникновения баротравмы легких при спуске в водолажном снаряжении с открытой схемой дыхания несколько меньше в связи с отсутствием в составе снаряжения дыхательного мешка. Однако и в этом виде снаряжения баротравма легких занимает одно из первых мест по частоте среди специфических и неспецифических заболеваний водолазов.

Повышение давления в легких при спусках с использованием снаряжения с открытой схемой дыхания возможно в случаях:

- подъема или всплытия с произвольной или рефлекторной задержкой дыхания, особенно в процессе нерегулируемого всплытия при увеличении положительной плавучести;
 - всплытия с задержкой дыхания после выключения из аппарата под водой;
 - неисправности дыхательного автомата или редуктора, когда при окончании вдоха дыхательный автомат не прекращает подачи воздуха в легкие;
 - неправильного выполнения учебно-тренировочных задач:
- а) при включении в лежащий на грунте аппарат, если дыхательный автомат находится ниже среднего уровня груди;

б) при всплытии водолаза, включенного в снятый аппарат, удерживаемый руками за плечевые ремни.

Понижение давления в легких при спусках в снаряжении с открытой схемой дыхания возможно в случаях:

- спуска с пустыми баллонами или с закрытыми вентилями баллонов;
- израсходования воздуха в баллонах, что чаще бывает при интенсивной работе, превышении расчетной глубины погружения или времени пребывания под водой;
- неправильной регулировки клапана (сигнализатора) резервной подачи или ошибочного перекрытия водолазом резервной подачи;
- неисправности дыхательного автомата или редуктора, приводящей к прекращению или значительному уменьшению подачи воздуха на дыхание;
- резких и глубоких вдохов из подшлемного пространства.

В вентилируемом снаряжении баротравма легких встречается значительно реже вследствие большого объема воздушной подушки и отсутствия дыхательной аппаратуры (системы «аппарат — легкие»), загубника или маски (полумаски). Повышение внутрилегочного давления по сравнению с окружающим давлением при спусках в вентилируемом водолазном снаряжении может происходить только в случае всплытия (или подъема) водолаза на поверхность при задержке дыхания.

При использовании водолазных или лечебных барокамер баротравма легких может происходить при задержке дыхания, произвольной или непроизвольной, либо при кашле во время декомпрессии. Вследствие некомпетентности учеников-водолазов или больных, подвергающихся гипербарической оксигенации, возможно появление баротравмы легких при попытке во время декомпрессии производить интенсивное выравнивание давления в среднем ухе или придаточных полостях носа (выдох при закрытых верхних дыхательных путях).

Баротравма легких может возникнуть также на поверхности без применения дыхательной аппаратуры. Дж.Холдейн (1937) привел данные о возникновении подкожной эмфиземы шеи и рук при остром коклюше. А.И.Моисеев описал случай с совершенно здоровым юношей 22 лет, который при курении резко закашлялся, одновременно возникло судорожное сокращение просвета дыхательного горла. При этом произошло повышение давления в легких, что привело к мельчайшим разрывам легочной ткани с проникновением газовых пузырьков в кровеносное русло и закончилось быстрой смертью.

8.3.Л. Патогенез

Подавляющее большинство сообщений, посвященных баротравме легких, указывает на то, что заболевание развивается в случае повышения или понижения внутрилегочного давления до 80—100 мм рт.ст. В экспериментах Б.Адамса и И.Полака было установлено, что при 80 мм рт.ст. и более, как правило, происходит растяжение грудной клетки за физиологические границы и разрыв альвеолярных стенок с располо-

женными в них кровеносными сосудами. Воздух попадает в разорванные сосуды и окружающие ткани, пока в них поддерживается избыточное давление. Данные о том, что величина перепада давлений до 80–100 мм рт.ст. достаточна для повреждения легочной ткани, были подтверждены как в экспериментах на животных, так и в исследованиях на трупах людей (Мельхотра М.С., Райт Х.С., 1960).

В исследованиях Ю. М. Полумискова (1964) было установлено, что нарушение целостности легочной ткани у животных отмечается уже при перепаде давления 10–20 мм рт.ст. При повышении внутрилегочного давления от 10 до 60 мм рт.ст. баротравма легких не сопровождается артериальной газовой эмболией. Появление газовых пузырьков в кровеносном русле наблюдалось лишь при большем давлении. Возможность развития заболевания существенно зависит от фазы дыхательного цикла, на которую приходится действие повышенного или пониженного давления.

Повреждение легких наступает вследствие их перерастяжения, которое становится возможным, если для этого нет ограничения со стороны грудной клетки. Во время выдоха сокращаются мышцы грудной клетки и живота, которые создают своеобразный каркас вокруг легких, препятствуя их растяжению. Поэтому и опасность возникновения заболевания в этой фазе минимальна, что подтверждается опытами на трупе с перебинтованными грудью и животом, в которых разрыв легких наступал лишь при давлении 133–190 мм рт.ст. (Мельхотра М.С., Райт Х.С., 1960).

При повышении внутрилегочного давления резко снижается приток венозной крови в легкие и к сердцу, в результате чего возникают застойные явления в легочных артериях, правой половине сердца, полых венах и повышение давления в венозной системе. Артериальное давление при этом резко понижается и удерживается на низком уровне до тех пор, пока сохраняется повышенное внутрилегочное давление. Чем больше величина внутрилегочного давления, тем больше снижается уровень артериального давления. При разрежении воздуха в легких происходит увеличение притока крови в легкие и к сердцу, что приводит к повышению уровня артериального давления. Повышение кровяного давления происходит обычно сразу после прекращения доступа воздуха в легкие и постепенно нарастает до момента, когда воздух начнет поступать в легкие. Если разрежение воздуха в легких сохраняется более 2 мин, то уровень артериального давления, достигнув своего максимума, начнет снижаться. При этом дыхательные экскурсии грудной клетки становятся сначала глубокими, затем все более поверхностными и нерегулярными и, наконец, совсем прекращаются.

По вопросу механизмов развития баротравмы легких нет единого мнения. Взгляды большинства авторов можно объединить в 3 группы.

Наиболее многочисленная группа исследователей (Полак И.Б. и Адаме Б.Х., Прикладовицкий С.И., Кривошеенко Н.К., Герман Е.Э. и Алексеев В.А.) считает, что разрыв легких всегда сопровождается поступлением газовых пузырьков в кровеносное русло, и проявления заболевания зависят, главным образом, от количества и локализации газовых эмболов.

Вторая группа исследователей (Шефер К.Э., Ламберт Р. и др.) полагает, что интерстициальная эмфизема тканей и органов и воздушная эмболия — это различные степени развития патологического процесса при повышении внутрилегочного давления. При этом воздушная эмболия является конечным звеном патологического процесса. Проявления же заболевания зависят от преобладания нарушений основных функций организма, вызванных, например, эмфиземой средостения или воздушной эмболией.

Третья группа авторов (Клейн В.Э., Клифф Дж.М., Сколтер Дж.К., Кинсей Дж.Г. и Полумисков Ю.М.) допускает существование эмфиземы средостения и воздушной эмболии как самостоятельных заболеваний.

Эксперименты Б.Х.Адамса и И.Б.Полака (1932), Е.Э.Германа и ВА.Алексеева (1955) свидетельствуют о том, что подъем внутрилегочного давления вначале ведет к механическому пережатию вен легких и прекращению поступления крови в левое сердце. Это сопровождается резким падением АД и подъемом венозного давления. При дальнейшем повышении давления происходит разрыв паренхимы легкого. После некоторого снижения внутрилегочного давления газ проникает в его сосудистую сеть, а затем через левое предсердие и желудочек попадает в большой круг кровообращения.

Патогенез основных проявлений баротравмы легких зависит от степени повреждения легочной ткани и кровеносных сосудов. Если разрыв легочной ткани при повышении или понижении внутрилегочного давления сопровождается поступлением газовых пузырьков в кровеносное русло через поврежденные легочные сосуды, то в клинической картине заболевания преобладают в основном симптомы, обусловленные локализацией газовой эмболии. Пузырьки альвеолярного воздуха, попав в кровеносные сосуды легких, током крови заносятся в левое предсердие и левый желудочек, а затем попадают в большой круг кровообращения, который разносит их по всему организму.

Эмболия кровеносных сосудов различных областей тела может вызывать местную гипоксию и различные нарушения деятельности отдельных органов и систем организма. Вследствие особенности топографии сосудов, берущих начало от восходящей части аорты, газовые пузырьки нередко вначале попадают в кровеносные сосуды головного мозга и в коронарные сосуды сердца. Это приводит к тяжелым расстройствам кровообращения головного мозга и сердечной деятельности. Распространение газовых пузырьков в организме зависит от положения пострадавшего. При положении пострадавшего лежа на животе большинство газовых пузырьков будет устремляться в сосуды туловища и нижних конечностей, что является сравнительно менее опасным. При положении пострадавшего лежа на спине, при котором восходящая часть аорты будет находиться выше, чем ее нисходящая часть, газовые пузырьки, поступающие из левой половины сердца в аорту, могут с большей вероятностью проникать в сосуды, отходящие от дуги аорты (безымянная, левая сонная, левая подключичная артерии). В этом случае газовые пузырьки могут попасть в сосуды головного мозга, коронарные сосуды сердца, сосуды шеи и верхних конечностей.

Поступление свободного газа в сосуды головного мозга резко нарушает мозговое кровообращение, что может привести к начальному возбуждению и судорогам или, наоборот, подавленности, заторможенности, потере сознания, развитию парезов и параличей.

Важное значение в патогенезе баротравмы легких может приобретать проникновение воздуха в плевральную полость, клетчатку, средостение, брюшную полость. При этом возникают пневмоторакс или пневмоперитонеум со всеми вытекающими явлениями. Если разрыв плевры произошел в районе корня легкого, то воздух проникает под кожу шеи, лица, грудной клетки и верхних конечностей, вызывая эмфизему этих областей.

Вследствие раздражения многочисленных интерорецепторов большое значение в развитии заболевания имеют также нервные и гуморальные реакции организма.

Характер проявлений, течения и исхода баротравмы легких зависит в первую очередь от количества, величины газовых пузырьков и их локализации. В этом отношении имеется определенная аналогия с декомпрессионной болезнью. Однако этиопатогенез этих заболеваний принципиально отличается. Если при декомпрессионной болезни газовые пузырьки образуются внутри самих кровеносных сосудов (в основном в венозной системе) из того газа, который был растворен в организме, во время пребывания под давлением, то при баротравме легких газовые пузырьки проникают в артериальное русло из альвеолярного газа через поврежденные кровеносные сосуды. Если декомпрессионное заболевание обычно возникает после пребывания водолаза на глубине более 12 м, то баротравма легких может возникнуть на любой глубине, а при всплытии с глубин порядка 10—20 м ее появление более вероятно из-за большого перепада давлений в легких и окружающей водной среде.

Ю.М.Полумисковым (1964) впервые в опытах на животных было доказано, что состав дыхательной газовой смеси оказывает влияние на рассасывание газовых пузырьков и на последующее течение баротравмы легких. Заболевание, полученное при дыхании кислородом, отличается более благоприятным течением, чем при дыхании воздухом.

8.3.5. Клиника

Симптомы баротравмы легких чрезвычайно разнообразны. Они зависят от степени повреждения легочной ткани, наличия воздуха в плевральной полости и кровеносных сосудах, а также от величины, количества и локализация газовых пузырьков. Ю.М.Полумисков (1962), анализируя случаи возникновения баротравмы легких, установил частоту возникновения симптомов, которые привел в порядке их убывания: потеря сознания, кровохаркание, боли в области груди и шеи, одышка, цианоз кожных покровов и слизистых оболочек, нарушение сердечного ритма, отсутствие пульса и дыхания, эмфизема средостения и подкожной клетчатки, параличи, судороги, головная боль и рвота.

Клинически выделяют три формы баротравмы легких: баротравматическую эмфизему, баротравматический пневмоторакс и баротравматическую газовую эмболию.

Баротравматическая эмфизема может проявиться в следующих разновидностях: интерстициальная, подкожная и медиастинальная.

Для баротравматической интерстициальной эмфиземы характерно ограниченное повреждение легочной ткани с нерезко выраженными симптомами. Самочувствие и общее состояние пострадавших в большинстве случаев вначале остаются вполне удовлетворительными. Поэтому они, как правило, не сразу обращаются за помощью. Пострадавшие предъявляют жалобы на легкие боли в груди, усиливающиеся при вдохе, головокружение, небольшую слабость. Кашель бывает не всегда. Дыхание ослаблено, подвижность грудной клетки ограничена из-за болей, могут выслушиваться влажные хрипы разного калибра на отдельных участках легких. Пульс обычно учащен, артериальное давление несколько понижено. Диагноз заболевания основывается на тщательном анамнезе и учете допущенных ошибок при использовании снаряжения.

Подкожная и медиастинальная разновидности баротравматической эмфиземы обычно сочетаются. Они характеризуются наличием газа в соединительнотканых образованиях средостения, под кожей груди, яремной и подключичной ямок, шеи и лица. Воздух в эти области проникает по перитрахеальной клетчатке в результате нарушения целости легких в области корня. Состояние пострадавшего зависит от количества воздуха, скопившегося в медиастинальной области и под кожей. При небольшом скоплении воздуха в средостении самочувствие пострадавшего остается вначале удовлетворительным, но по мере накопления газа его самочувствие прогрессивно ухудшается. Отмечаются боли и неприятные ощущения за грудиной, затрудненное дыхание, неустойчивый пульс. При значительном скоплении газа в средостении состояние больного резко ухудшается, так как при этом происходит смещение органов средостения, сдавливание крупных вен и раздражение перикарда. Наличие газа в подкожной клетчатке определяется по характерной крепитации, измененной форме шеи и черт лица и свидетельствует о значительном количестве свободного газа в организме. Перкуторное и рентгенологическое обследования подтверждают наличие у таких больных свободного газа в средостении и под кожей шеи.

Баротравматическая эмфизема легких может осложниться газовой эмболией, в результате чего состояние больного прогрессивно ухудшается, нарастает слабость, усиливаются боли в груди, появляются одышка, приступообразный кашель, сопровождающийся выделением мокроты с прожилками крови. Пульс частый, нитевидный, тоны сердца глухие, артериальное давление понижено. Могут отмечаться очаговые поражения центральной нервной системы.

Баротравматический пневмоторакс наступает у пострадавшего в результате нарушения целости плевры и поступления воздуха в плевральную полость. В результате пневмоторакса у пострадавшего развиваются расстройства деятельности систем дыхания и кровообращения, появля-

ется резкая одышка, холодный липкий пот. При осмотре грудной клетки боковая сторона расширена, межреберные промежутки сглажены, головное дрожание ослаблено. При перкуссии определяется легочный звук с тимпаническим оттенком, при аускультации - резко ослабленное дыхание с наличием в легких мелкопузырчатых хрипов. Особенно тяжело протекает заболевание в случае возникновения клапанного пневмоторакса. Он характеризуется резкой болью в груди, сильной одышкой, упадком сердечной деятельности и развитием гемотораксального шока. Пострадавший адинамичен, лицо бледное или синюшное, дыхание частое и поверхностное. Дыхательные шумы на пораженной стороне отсутствуют. Сердечная тупость смещена в здоровую сторону.

При поступлении газа в брюшную полость появляется баротравматический пневмоперитонеум с клиническими признаками асептического перитонита.

Баротравматическая газовая эмболия развивается в результате попадания воздуха в кровь через поврежденные сосуды легких. При этой форме баротравмы пострадавшие находятся в тяжелом состоянии, сознание у них затемнено или полностью отсутствует. Пострадавшие, находящиеся в сознании, предъявляют жалобы на боли в груди, слабость, одышку, головокружение. При осмотре отмечают частое поверхностное дыхание, мучительный кашель с выделением кровянистой мокроты, цианоз кожи лица и конечностей, адинамия, ограниченная подвижность грудной клетки, частый пульс слабого наполнения и напряжения, пониженное артериальное давление. При аускультации легких определяется жесткое дыхание с обильными крепитирующими звуками. Прослушиваются глухие тоны сердца и шум на верхушке. Наряду с этим могут отмечаться явления энцефалопатии (парестезии, неравномерность рефлексов, понижение тонуса мышц и нарушение координации движений), изменения со стороны зрительного анализатора, судороги эпилептиформного характера, развитие парезов и параличей.

Встречается смешанная форма баротравмы легких, при которой сочетаются симптомы баротравматической эмфиземы, газовой эмболии и пневмоторакса.

При дифференциальной диагностике баротравмы легких с другими заболеваниями (декомпрессионной болезнью, барогипертензионным синдромом, отравлением кислородом, обжимом водолаза, отравлением углекислым газом, кислородным голоданием), имеющими сходные симптомы, необходимо учитывать условия спуска, динамику развития симптомов, техническое состояние применявшегося водолазного снаряжения и характерные признаки сопоставляемых заболеваний.

При осмотре дыхательного аппарата пострадавшего, получившего баротравму легких, могут быть выявлены следующие неисправности: отсутствует воздух в баллонах, закрыт вентиль воздушного баллона, неисправен дыхательный автомат или редуктор.

Наиболее характерными симптомами баротравмы легких являются быстрая потеря сознания вскоре после подъема на поверхность, кашель с выделением пенистой кровянистой мокроты, боли в груди, усилива-

ющиеся при вдохе, частое поверхностное дыхание, резкая бледность или синюшность кожных покровов, подкожная эмфизема, частый пульс, низкое артериальное давление и прогрессирующее ухудшение состояния пострадавшего. Для кислородного голодания, отравления кислородом или углекислым газом эти симптомы не характерны, а общее состояние после извлечения из воды постепенно улучшается или длительный период времени остается без выраженных изменений. Декомпрессионная болезнь, как правило, возникает при спусках водолазов на глубины более 12 м, в то время как баротравма легких часто встречается при спусках на малые глубины (при всплытии с 10 до 0 м и с 50 до 20 м происходит одинаковый двукратный перепад давления).

8.3.6. Оказание помощи и лечение

Баротравма легких независимо от клинической формы должна рассматриваться как тяжелое заболевание.

Первая медицинская помощь при баротравме легких должна быть оказана немедленно. После извлечения пострадавшего из воды необходимо как можно быстрее освободить его от снаряжения и стесняющей одежды. В целях ускорения раздевания пострадавшего гидрозашитная и теплозащитная одежда разрезается. Пострадавшего укладывают на носилки лицом вниз так, чтобы голова находилась несколько ниже туловища и была повернута набок. На носилках его заносят в барокамеру для проведения лечебной рекомпрессии. Вместе с пострадавшим в барокамеру должен зайти водолазный врач или фельдшер, а при их отсутствии — лицо водолазного состава, допущенное к медицинскому обеспечению водолазных спусков. Если на месте происшествия отсутствует барокамера, то принимают меры для быстрой доставки пострадавшего к ближайшей действующей барокамере. В период транспортировки пострадавшего к барокамере он должен лежать на животе с повернутой набок головой и дышать кислородом из кислородного ингалятора или изолирующего дыхательного аппарата. При отсутствии у пострадавшего дыхания и сердечной деятельности проводятся искусственная вентиляция легких (ИВЛ) и непрямой массаж сердца (см. приложение 18). До начала ИВЛ и в процессе ее проведения пострадавшему не следует вводить стимуляторы дыхания.

Лечебная рекомпрессия при баротравме легких является исключительно эффективным лечебным мероприятием, поскольку она направлена на ликвидацию главной причины всех болезненных явлений — газовой эмболии в сосудах, эмфиземы средостения и пневмоторакса. Проведение лечебной рекомпрессии при баротравме легких было предложено Б.Х.Адамсом и И.Б.Полаком (1932). Водолазная практика свидетельствует о том, что, чем раньше была начата лечебная рекомпрессия, тем надежнее лечебный эффект. Однако положительный эффект от лечебной рекомпрессии может наступить и в случае позднего лечения: даже через 2-3 суток от начала заболевания.

В.Я.Назаркин (1979) провел сопоставление исходов лечения баротравмы легких: 51 случай лечения с проведением лечебной рекомпрес-

сии в сочетании с симптоматической терапией и 46 случаев — с применением только симптоматической терапии. Гибель пострадавших в 1-й группе составила 2 %, во 2-й — 75,5 %; выздоровление без осложнений — 27,5 и 0 % соответственно. У прошедших лечебную рекомпрессию осложнения имелись в 58,0 % случаев (в том числе в 23 % случаев — со стойкой утратой трудоспособности), тогда как у оставшихся в живых лиц, получавших симптоматическое лечение, в 100 % случаев имелись осложнения со стойкой утратой трудоспособности. Во 2-й группе 7 случаев гибели (14 %) имелось после прохождения пострадавшими гипербарической оксигенации под избыточным давлением 1-2 кгс/см², что оказалось менее эффективным, чем лечебная рекомпрессия по режимам для оказания помощи при баротравме легких.

Лечение баротравмы легких проводится по режимам 2А—2В, 3А—3В и 4А—4В (см. п. 8.2.6: табл. 25, 26 и 27). Организация и общий порядок проведения лечебной рекомпрессии в барокамере при баротравме легких должны быть такими же, как и при лечении декомпрессионной болезни.

При выборе лечебного режима следует руководствоваться характером и тяжестью заболевания, динамикой симптомов при компрессии и пребывании пострадавшего под повышенным давлением в барокамере.

При лечении баротравмы легких давление в барокамере повышают с максимально возможной скоростью (20—30 м/мин) до 70 м вод.ст. В случае существенного улучшения состояния больного в ходе компрессии до 70 м вод.ст. и полного исчезновения признаков заболевания в течение первых 10 мин экспозиции под этим давлением больной выдерживается до 60 мин, после чего проводится декомпрессия по режиму 2А (см. табл. 25).

Если состояние заболевшего улучшилось и симптомы болезни полностью исчезли при давлении 70 м вод.ст. через 15-60 мин, то экспозиция под указанным давлением должна быть увеличена до 90 мин. При этом декомпрессия заболевшего должна проводиться по режиму 2Б.

Если улучшения состояния и полного исчезновения симптомов болезни в течение 60 мин при давлении 70 м вод.ст. не произошло и для этого потребовалось 60-90 мин, то экспозиция под указанным давлением должна быть увеличена до 120 мин. Декомпрессия заболевшего в этом случае должна проводиться по режиму 2В.

Если в процессе компрессии до 70 м вод.ст. не отмечается выраженного улучшения состояния больного, то давление в барокамере повышается до 100 м вод.ст. и декомпрессию проводят по табл. 26. Под давлением 100 м вод.ст. больного выдерживают 15 мин (время от начала компрессии с 70 м вод.ст. до начала перехода со 100 до 70 м вод.ст.), после чего давление за 30 мин снижают до 70 м вод.ст., где он выдерживается до полного исчезновения симптомов заболевания, но не более 2 ч. В зависимости от экспозиции под давлением 70 м вод.ст. проводят снижение давления по режиму лечебной рекомпрессии 3А — при экспозиции 60 мин, 3Б — при экспозиции 90 мин и 3В — при экспозиции 120 мин (см. табл. 26).

Если в ходе декомпрессии по режиму 3А или 3Б состояние заболевшего ухудшится, то дальнейшую декомпрессию следует приостановить, повысить давление в камере на 5—10 м вод.ст., выдержать на этой остановке до улучшения состояния и дальнейшую декомпрессию заболевшего продолжать по режиму 3В табл. 26.

При наличии на водолазной станции запасов гелия и системы очистки газовой среды от CO_2 лечебную рекомпрессию проводят по режимам табл. 27. В этом случае компрессию в барокамере при любой клинической форме баротравмы легких проводят до 30 м вод. ст. воздухом, а с 30 м вод.ст. до максимальной глубины (100 м вод.ст.) - гелием. Выдержку заболевшего под наибольшим давлением проводят до исчезновения симптомов баротравмы легких и дополнительно 30 мин. В зависимости от времени пребывания под наибольшим давлением декомпрессию проводят по режимам 4А, 4Б или 4В.

При тяжелых случаях заболевания в период снижения давления у больного может наступить резкое ухудшение самочувствия вследствие развития закрытого или клапанного пневмоторакса. В этом случае необходимо повысить давление в барокамере до улучшения самочувствия пострадавшего и производить удаление воздуха из плевральной полости (см. приложение 18). При повторном появлении признаков пневмоторакса проводятся те же мероприятия по удалению воздуха. Если ликвидация пневмоторакса вызывает задержку декомпрессии не более чем на 15—20 мин, то дальнейшее снижение давления производится по прежнему режиму. При более длительной задержке декомпрессию продолжают по режиму большей продолжительности.

В период пребывания пострадавшего в барокамере производится симптоматическое лечение, направленное на снижение болей, поддержание функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем, ликвидацию кровотечения и профилактику воспаления легких. В случае беспокойства больного после повышения давления в барокамере ему следует дать 2 таблетки экстракта валерианы, а при кашле — 2 таблетки тусупрекса или кодтерпина. Для купирования болей применяют промедол (1 мл 2 %-ного раствора), дипразин (2 мл 2,5 %-ного раствора внутривенно или внутримышечно), анальгин (2-4 мл 50 %-ного раствора), которые вводятся йсследовательно внутримышечно. При явлениях сердечно-сосудистой недостаточности применяют кордиамин (1-2 мл внутримышечно), коргликон (1 мл 0,06 %-ного раствора в 10 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно) или строфантин (0,5 мл 0,05 %-ного раствора в 10-20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно). Для устранения ларингоспазма применяют спазмолитические и противогистаминные препараты: эуфиллин (1,0-1,5 мл 24 %-ного раствора внутримышечно или 5—10 мл 2,4 %-ного раствора в 20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно) или 1—2 мл 2,5 %-ного раствора дипразина (пипольфена) внутримышечно. Для остановки легочного кровотечения применяют хлористый кальций (10 мл 10%-ного раствора внутривенно или внутрь по 1 столовой ложке 3-4 раза в день) или викасол (1 мл 1 %-ного раствора внутримышечно).

Для профилактики воспаления легких назначают прием антибиотиков 4-6 раз в сутки: оксациллин по 0,25 г, ампициллин по 0,5 г, олететрин по 0,125 г или другие препараты. Продолжительность курса антибиотикотерапии составляет не менее 4-5 дней.

В случае остановки дыхания или сердечной деятельности следует немедленно начинать реанимационные мероприятия в соответствии с приложением 18. Применение фармакологических стимуляторов дыхания в это время противопоказано, поскольку они могут вызывать парадоксальную реакцию. В этот период следует применять лишь этимизол (3 мл 1,5 %-ного раствора внутримышечно или медленно внутривенно).

После окончания лечебной рекомпрессии пострадавшего в полном покое выдерживают вблизи камеры в течение 6 ч. Если в течение этого времени рецидив не наступит, то больного эвакуируют в больницу для дальнейшего лечения и освидетельствования.

8.3.7. Профилактика

Профилактика баротравмы легких обеспечивается соблюдением правил погружения водолазов под воду в снаряжении, тщательной рабочей проверкой водолазного снаряжения перед спуском под воду и соблюдением правил его использования в период пребывания водолаза под водой.

Необходимо исключать спуски в неисправном или не подготовленном к спуску водолажном снаряжении, падение водолаза со спускового конца на грунт, быстрый подъем с глубины на поверхность с задержкой дыхания. Для исключения случаев повышения давления в легких необходимо подъем водолаза с глубины на поверхность производить по спусковому концу или на водолазной беседке со скоростью не более 7-10 м/мин.

Во время подъема водолаза в любом виде водолазного снаряжения, а также при переходе на глубину первой остановки в барокамере водолаз должен свободно дышать. В случае вынужденного свободного всплытия с глубины на поверхность водолазу, использующему снаряжение с загубником, необходимо выбросить загубник изо рта и не задерживать дыхание или делать продолжительный выдох. Достигнув поверхности воды, следует вновь взять загубник в рот и дышать в аппарат для исключения баротравмы легких. В случае выбрасывания водолаза в вентилируемом снаряжении с глубины на поверхность он должен в процессе всплытия свободно дышать, не задерживая дыхания.

Для профилактики баротравмы легких у водолазов при использовании снаряжения с замкнутой, полужамкнутой и открытой схемами дыхания следует уделять особое внимание исправности работы дыхательного автомата и редуктора, не допускать случаев использования снаряжения с незаряженными баллонами или с закрытыми вентилями баллонов, не допускать дыхания под водой из подшлемного пространства, следить за тем, чтобы не было большой разницы по высоте расположения дыхательного автомата по отношению к уровню середины легких.

При использовании снаряжения с замкнутой схемой дыхания, кроме того, необходимо не допускать спусков при неисправном травяще-пре-

дохранительном клапане или закрытой его крышке, избегать ударов и нажимов на дыхательный мешок, открывать крышку травяще-предохранительного клапана при работе лежа на спине.

Профилактика баротравмы легких включает также тщательный медицинский осмотр спускающихся водолазов и их инструктаж по соблюдению правил техники безопасности при выполнении работы под водой и по использованию снаряжения. Не допускаются к спускам под воду лица, не имеющие подготовки по водолазному делу и допуска к спускам в соответствующих видах водолазного снаряжения, а также водолазы с явлениями воспаления верхних дыхательных путей и наличием кашля.

8.4. Барогипертензионный синдром

8.4.1. Определение

Барогипертензионный синдром - патологическое состояние, для которого характерно чрезмерное повышение венозного давления в грудной полости и внутричерепного давления вследствие дыхания человека при избыточном давлении в воздухоносных путях.

8.4.2. Историческая справка

Барогипертензионный синдром в качестве самостоятельной нозологической формы заболевания был введен в водолазную медицину в конце 70-х годов XX века. До этого времени симптоматология, связанная с дыханием под избыточным давлением, была описана на основании исследований в условиях нормального атмосферного давления и авиационной практики дыхания кислородом под избыточным давлением (Прикладовицкий С.П., 1936; Алтухов Г.В. и соавт., 1960; Облапенко П.В., 1964, 1971; Иванов Д.И., Цивиташвили А.С., 1968; Бреслав И.С. и соавт., 1979). Специальные исследования по анализу случаев барогипертензии при спусках под воду, изучению этиологии, клиники, лечения и профилактики заболевания при дыхании под избыточным давлением в воздухоносных путях были проведены В.Я.Назаркиным (1979), который предложил дать ему название «барогипертензионный синдром».

8.4.3. Этиопатогенез

Повышение давления в воздухоносных путях всегда имеет место при использовании любого водолазного снаряжения. Оно создается за счет механических, аэродинамических и гидростатических факторов.

Механический компонент общего сопротивления дыханию создается за счет преодоления упругих сил и трения при перемещении клапанов, рычагов и сжатия пружин в системе подачи воздуха дыхательного аппарата.

Аэродинамическое сопротивление дыханию создается конфигурацией воздухопроводящих путей (носоглотки, трахеи, бронхов), их диаметра и длины, а также скорости и характера движения по ним воздуха в моменты

вдоха и выдоха. Аэродинамический компонент общего сопротивления дыханию значительно возрастает с увеличением легочной вентиляции.

Гидростатическая часть общего сопротивления дыханию зависит от места расположения дыхательного автомата по отношению к центру грудной клетки. При расположении этих узлов снаряжения выше или ниже центра грудной клетки давление в легких будет соответственно меньше или больше величины окружающего давления. Величина гидростатического перепада определяется высотой столба воды на участке «дыхательный автомат — центр грудной клетки».

В нормальных условиях при вдохе объем грудной клетки увеличивается, давление в легких снижается по сравнению с атмосферным на 10–25 мм вод.ст. и они заполняются воздухом. При выдохе вследствие сокращения мускулатуры, эластического сопротивления стенок брюшной полости и грудной клетки ее объем уменьшается, давление воздуха в легких увеличивается на 20–40 мм вод.ст. выше атмосферного, что позволяет удалять воздух наружу. Объем легких изменяется синхронно с изменениями емкости грудной клетки, что обусловлено растяжимостью и эластичностью легких, а также отсутствием воздуха в плевральном пространстве, заполненном небольшим количеством серозной жидкости. Эластическая тяга легких соответствует давлению в межплевральном пространстве, которое ниже атмосферного на величину от 17–25 мм вод.ст. (при максимальном выдохе) до 130–190 мм вод.ст. (при максимальном вдохе). Повышение давления в легких приводит к нарушению этих взаимоотношений.

Величина общего дополнительного сопротивления дыханию в современных водолазных аппаратах на поверхности при легочной вентиляции 30 л/мин составляет 40–60 мм вод.ст., а при работе под водой не должна превышать 100–150 мм вод.ст. Фактически же общее сопротивление может составлять 400–500 мм вод.ст.

При водолазных спусках с использованием снаряжения с открытой схемой дыхания опасное повышение давления в воздухоносных путях создается при низком размещении дыхательного автомата по отношению к центру грудной клетки, пережатии дыхательных трубок, различных неисправностях дыхательного автомата и редуктора и других узлов водолазного снаряжения, которые ведут к увеличению сопротивления дыханию.

При использовании дыхательных аппаратов с замкнутой и полужамкнутой схемами дыхания сопротивление дыханию существенно зависит от положения дыхательного мешка по отношению к центру грудной клетки и от сопротивления, создаваемого регенеративным патроном и дыхательным мешком, которые ламинарный поток выдыхаемого воздуха превращают в турбулентный. При размещении дыхательного мешка ниже центра грудной клетки значительно повышается давление в легких на вдохе и особенно на выдохе. Повышенное давление в системе «аппарат — легкие» создается также при избыточной подаче кислорода (ДГС) в дыхательный мешок, пережатии дыхательных трубок, при закрытой или не полностью открытой крышке травяще-предохранительного клапана.

При использовании любого водолазного снаряжения, барокамеры и даже в условиях нормального атмосферного давления повышение давления может возникнуть при интенсивном и продолжительном выравнивании давления в полости среднего уха и придаточных полостях носа путем выдоха при закрытых верхних дыхательных путях.

Развитию заболевания способствуют:

- усиленная физическая работа;
- перемещение в верхнюю часть тела массы крови из-за разницы в давлениях, действующих на верхнюю и нижнюю части тела при вертикальном положении человека под водой;
- повышенная чувствительность к действию повышенного сопротивления дыханию;
- стрессорная реакция;
- снижение общей неспецифической резистентности организма, слабость венозных стенок и слишком поверхностное расположение сосудов под слизистой оболочкой.

Вероятность появления барогипертензионного синдрома повышается в зимний и весенний периоды, когда снижается витаминная насыщенность организма и увеличивается простудная заболеваемость.

Интенсивность проявления заболевания зависит от величины дополнительного сопротивления, а также от продолжительности его действия и скорости нарастания сопротивления.

Дополнительное сопротивление порядка 200—250 мм вод.ст. переносится с трудом, при 350—400 мм вод.ст. дыхание возможно в течение 10-15 мин, а при сопротивлении 1000 мм вод.ст. быстро развиваются явления острой дыхательной недостаточности. Повышенное давление в воздухоносных путях вызывает расширение грудной клетки, опускание диафрагмы, увеличение объема альвеол и функциональной остаточной емкости легких.

Вследствие повышенного сопротивления дыханию дыхательные движения становятся более редкими и глубокими, при этом вдох осуществляется более легко и за более короткое время, а выдох, наоборот, становится тяжелым и более продолжительным по сравнению с продолжительностью вдоха.

Повышенное давление в легких вызывает растяжение и сужение легочных капилляров, дополнительное сопротивление току крови в малом круге кровообращения, повышение давления в венозном русле. В этих условиях постепенно усиливается деятельность правого, а затем левого желудочков, что приводит к перегрузке сердечной деятельности, сменяющейся ее недостаточностью. В итоге в условиях избыточного давления в легких снижается объемный кровоток в малом круге, ухудшается наполнение левой половины сердца, затрудняются коронарное кровообращение и тканевой кровоток, ухудшается оксигенация крови в легких, развивается гипоксия.

Затруднение оттока венозной крови от головного мозга и его оболочек, ее застой в краниальных сосудах создают условия для развития периваскулярных отеков и кровоизлияний, расстройств циркуляции спинномозговой

жидкости, набухания мозговой ткани и повышения внутричерепного давления. Изменяется функции зрительного и слухового анализаторов.

8.4.4. Клиника

Барогипертензия проявляется в двух клинических формах: легкой (сосудистой) и тяжелой (церебральной) гипертензии.

Сосудистая барогипертензия характеризуется легкой головной болью, чувством першения в горле, появлением темно-красной крови в выделениях из верхних дыхательных путей. На задней стенке глотки и полости носа наблюдаются усиленный рисунок расширенных вен, кровоизлияния под слизистую оболочку, необильное кровотечение и свежие сгустки крови темного цвета. Общее состояние пострадавшего остается, как правило, вполне удовлетворительным. Через 2—4 ч после выхода из-под давления или выключения из аппарата могут появиться петехиальные высыпания на коже шеи и груди, сопровождающиеся легким зудом.

Церебральная форма барогипертензии в водолазной практике встречается относительно редко и проявляется в трех стадиях.

Начальная стадия представляет собой первую реакцию организма на повышение давления в легких. Она проявляется в затрудненном дыхании, появлении чувства расширения и неприятного ощущения в груди. Дыхание становится редким, поверхностным и аритмичным. Может наступить рефлекторная задержка дыхания.

Стадия относительной компенсации церебральной гипертензии характеризуется развитием приспособительных реакций организма на действие повышенного давления в легких. Дыхание постепенно становится ритмичным и глубоким, увеличивается его минутный объем и легочная вентиляция, при этом ощущается повышенное сопротивление выдоху, пульс учащается, несколько повышается артериальное давление. При дальнейшем дыхании с наличием повышенного сопротивления появляются слабость, шум в голове, чувство жара и одышка, усиливающаяся при физических нагрузках. Постепенно нарастают явления венозного застоя и недостаточности сердечной деятельности.

В стадии декомпенсации в лобных и затылочных областях появляются мучительные головные боли, усиливающиеся при кашле и чихании. Пострадавшие предъявляют жалобы на тошноту, иногда рвоту, одышку, неприятные опущения в области сердца. Лицо бледного цвета, слизистые синюшны. Отчетливо отмечается психическая подавленность. Пострадавшие заторможены, апатичны, с трудом понимают обращаемые к ним вопросы, говорят медленно и невнятно. Отмечается ухудшение памяти и внимания. Могут наблюдаться менингеальные явления и судорожные приступы эпилептиформного характера. Снижается острота зрения, уменьшаются поля зрения. При офтальмоскопии обнаруживается застойный сосок зрительного нерва. При кровоизлияниях в мозг могут возникать очаговые симптомы поражения головного мозга.

Течение церебральной барогипертензии может быть достаточно бурным, с быстрым нарастанием симптомов сдавления головного мозга и

декомпенсации сердечной деятельности. Таких пострадавших следует рассматривать как тяжелобольных.

При дифференциальной диагностике барогипертензии следует иметь в виду прежде всего баротравму легких. Отсутствие крови в мокроте легких позволяет исключить баротравму легких при возникновении сосудистой барогипертензии. Следует также учитывать характерные признаки баротравмы легких, такие как очень острое начало заболевания на фоне нормального состояния, наличие признаков поступления газа в сосудистую систему, средостение и другие участки тела, неуклонное прогрессирование симптомов после выключения из аппарата.

8.4.5. Оказание помощи и лечение

Первым мероприятием при появлении признаков барогипертензии является прекращение спуска и подъем водолаза с соблюдением режима декомпрессии при постоянном контроле самочувствия пострадавшего.

При сосудистой форме барогипертензии лечебные мероприятия сводятся к обработке мест кровотечения и его остановке. Кровоточащие места на слизистой глотки обрабатывают тампонами, отжатыми после смачивания 3 %-ной перекисью водорода. Остановка носового кровотечения осуществляется путем тампонады носовых отверстий марлевыми тампонами, смоченными 3 %-ной перекисью водорода, а в случае непрекращающегося кровотечения проводится передняя или задняя тампонада носа (см. приложение 18). Для предупреждения евстахеита и воспаления среднего уха в носовые ходы закапывается 3-4 раза 2-5 %-ный раствор эфедрина на протяжении 2-3 сут. По показаниям проводится симптоматическое лечение: прием болеутоляющих средств при головных болях (анальгин — 0,25 г, амидопирин — 0,25 г и др.), обтирание кожи салициловым или камфорным спиртом при петехиальных высыпаниях, применение глюконата кальция (2-5 г) и димедрола (0,05 г) при упорном зуде и т.д.

При церебральной форме барогипертензии пострадавшему после освобождения от снаряжения и стесняющей одежды предписывается постельный режим. Тело и ноги тепло укутывают, к голове прикладывают холод. По показаниям из медикаментозных средств назначают болеутоляющие препараты (производные салициловой кислоты, пирозалона), теофиллин 0,1 г, теобромин 0,25 г, димедрол 0,05 г три раза в день, сердечные средства. В тяжелых случаях заболевания проводится дегидратационная терапия: до 80 мл 40 %-ной глюкозы, 10-20 мл 25 %-ного раствора сернокислой магнезии внутримышечно, 2-4 мл 1 %-ного раствора фуросемида внутривенно или внутримышечно. При появлении судорожных приступов внутримышечно или внутривенно вводят «литическую» смесь (1 мл 2,5 %-ного раствора аминазина, 2 мл 1 %-ного раствора димедрола и 2 мл 2 %-ного раствора промедола).

Пострадавшие с церебральной гипертензией освобождаются от всех видов работ до полного восстановления функций организма. При тяжелой форме церебральной гипертензии необходимо стационарное лечение в неврологическом отделении.

8.4.6. Профилактика

Профилактика барогипертензионного синдрома достигается:

- строгим медицинским контролем проведения подготовки и рабочей проверки водолазного снаряжения, правильного размещения снаряжения на теле водолаза;
- отстранением от спусков водолазов с плохой проходимостью евстахиевых труб;
- систематическими тренировками в барокамере водолазов с недостаточным практическим опытом с целью отработки метода выравнивания давления в полости среднего уха и дыхания под избыточным давлением.

8.5. Обжatie грудной клетки

8.5.1. Определение

Обжatie грудной клетки - это патологическое состояние, появляющееся вследствие уменьшения объема газа в легких менее остаточного объема и присасывающего эффекта грудной полости под воздействием гидростатического давления, которое чаще возникает при нырянии на глубину без использования дыхательного аппарата и характеризуется переполнением кровью сосудов малого круга кровообращения.

8.5.2. Историческая справка

Случаи обжатия грудной клетки встречались неоднократно, особенно при нырянии без водолазного снаряжения. Однако возникающие заболевания в зависимости от преобладания симптомов трактовались как баротравма легких или обжим водолаза, хотя обжatie грудной клетки имеет специфические особенности этиологии, патогенеза, оказания помощи и профилактики. Длительное время опасность появления легочной патологии при нырянии без дыхательного аппарата недооценивалась. В 1971 г. В.И.Тюрин выделил «обжим грудной клетки» в отдельную нозологическую единицу, а в 1986 г. В.Я.Назаркин, Л.К.Волков и А.С.Солодков включили это заболевание под названием «обжatie грудной клетки» в учебные пособия, вышедшие под редакцией И.А.Сапова.

Опасные последствия ныряния на глубины более 20-30 м без аппарата, к которым относится легочная патология, привели к необходимости введения соответствующих ограничений при спортивных состязаниях. В нашей стране соревнования по нырянию на глубину как опасные для здоровья были запрещены еще в 1934 г., а разрешены лишь погружения до 15 м для мужчин и до 10 м для женщин при квалифицированном обеспечении и соблюдении необходимых мер безопасности. Всемирная конфедерация подводной деятельности (КМАС) с 5 декабря 1970 г. прекратила регистрацию рекордов по нырянию на глубину

методом апноэ, но в апреле 1999 г. приняла решение о возобновлении спортивных соревнований и регистрации рекордов в этом виде спорта, однако авторы книги считают, что ныряние на глубину более 30 м может быть вредным для здоровья и опасным для жизни.

8.5.3. Этиопатогенез

Основной причиной обжатия грудной клетки при использовании водолазного снаряжения с открытой, полужамкнутой и замкнутой схемами дыхания служит прекращение или недостаточное поступление дыхательной газовой смеси в легкие при быстром спуске водолаза на грунт («проваливании»), что может произойти в результате:

- отсутствия воздуха, ДГС или кислорода в баллоне или в дыхательном мешке;

- спуска водолаза с закрытыми вентилями баллонов;
- неисправности работы редуктора или дыхательного автомата;
- разрыва дыхательного мешка.

При нырянии без водолазного снаряжения, особенно после выдоха, в период увеличения глубины погружения воздух в легкие не попадает, что обуславливает обжатие грудной клетки гидростатическим давлением. Давление в легких в этом случае уравнивается с внешним гидростатическим давлением за счет того, что в соответствии с законом Бойля — Мариотта объем легких уменьшается кратно величине абсолютного давления на глубине нахождения водолаза. Величина физиологического уменьшения размеров грудной клетки ограничена ее объемом при максимальном выдохе (остаточным объемом). Дальнейшее уменьшение объема грудной клетки вызывает ее повреждение. Остаточный объем легких, который составляет 25—35 % от общей емкости легких (или в среднем около 1,5 л), определяет максимальную безопасную глубину ныряния. Например, если жизненная емкость легких у водолаза равна 6 л, то после максимального вдоха в его легких будет 7,5 л газа (6 + 1,5 л). При нырянии на глубину 40 м объем легких у этого водолаза составит 1,5 л ($7,5 : 5 = 1,5$ л), что равно величине остаточного воздуха. В этом случае грудная клетка сжимается до физиологического предела и ее повреждения не произойдет, а при погружении на глубину более 40 м не представляется возможным избежать травматического повреждения грудной клетки. Однако рекордные погружения без дыхательного аппарата показали возможность достижения значительно больших глубин. Наибольшие достижения принадлежали Роберту Крофту (США, 75 м в 1969 г.), Энцо Майорке (Италия, 87 м в 1974 г.) и Жаку Майолу (Франция, до 105 м в 1976-1983 гг.). После этого соревнования проводились по разным категориям: «постоянный груз», «регулируемый груз», «без ограничений», и др. Рекорды последних лет намного превысили глубину 100 м: Умберто Пелиццари (Италия, 123 м, 1933 г.), Франциско Пипин Феррерас (Куба, 133 м, 1996 г.), Джанлука Дженони (Италия, 135 м, 1999 г.), Луак Лёферм (Франция, 152 м, 2000 г.). Глубины покорили при нырянии также женщины: Патриция Май-

орка (Италия, 80 м, 1988 г.), Дебора Андолло (Куба, 115 м, 2000 г.). Следует отметить, что несколько соискателей таких рекордов нашли свою гибель в морских глубинах.

Обжatie легких может произойти также при опасных экспериментах с использованием для дыхания под водой длинных дыхательных трубок. Немецкий физиолог Штиглер в самоэксперименте доказал, что при погружении с дыхательной трубкой на глубину 0,6 м можно дышать через нее в течение 3 мин 40 с, на глубине 1 м - 30 с, на глубине 1,5-6 с, а на глубине 2 м его попытка дышать окончилась неудачей: с «расширением» сердца он был доставлен в больницу.

Чем больше уменьшается объем остаточного газа в легких, тем сильнее проявляется присасывающее действие грудной полости и тем значительнее приток крови в легочные сосуды, особенно в момент вдоха. Это приводит к переполнению сосудов кровью, вызывает их растяжение и разрыв. В результате гемодинамических нарушений, внутриальвеолярного и внутрибронхиального пропотевания жидкой части крови и серозной жидкости легочная ткань набухает, развивается отек легких и появляется кровь в просвете бронхов. После подъема на поверхность и возобновления нормального дыхания в кровеносную систему может попасть воздух и вызвать газовую эмболию.

Эти особенности этиопатогенеза обжatia грудной клетки отличают его от баротравмы легких, барогипертензионного синдрома и обжиа водолаза. Баротравма легких является следствием значительного повышения или понижения давления в легких относительно окружающей среды, приводящего к разрыву легких и газовой эмболии. Барогипертензионный синдром возникает при повышении давления в легких. Причиной обжиа водолаза является возникновение перепада между давлением в скафандре (или в подмасочном пространстве) и окружающим давлением с появлением деформаций в области прилегания жестких частей снаряжения.

Вероятность возникновения и тяжесть обжatia грудной клетки обусловлены не только величиной гидростатического давления, действующего на организм, но и объемом газа в легких перед погружением на глубину. Так, например, при нырянии или «проваливании» на глубину на выдохе, когда объем газа в легких минимален, обжatie груди и переполнение легочных сосудов начинаются с первых сантиметров погружения под воду. Патологические изменения в организме в данном случае могут наступить значительно раньше достижения глубины 40 м.

8.5.4. Клиника

Проявления обжatia грудной клетки зависят от степени уменьшения объема газа в легких и сжатия грудной клетки. Различают легкую и тяжелую степени заболевания.

При легкой степени появляются общая слабость, небольшая одышка, чувство стеснения в груди и незначительные боли, следы крови в мокроте. При объективном обследовании может определяться напря-

женный пульс, несколько повышенное артериальное давление, рассеянные хрипы в легких.

При тяжелой степени заболевания эти признаки становятся более отчетливыми. Отмечается бледность или синюшность кожных покровов, резкая одышка, kloкочущее дыхание, заметная примесь крови в мокроте. В легких выслушиваются обильные разнокалиберные влажные хрипы, может определяться укорочение перкуторного звука в легких, особенно в нижних отделах. При газовой эмболии возникают симптомы, характерные для баротравмы легких.

Дифференциальная диагностика обжата грудной клетки от баротравмы легких, барогипертензионного синдрома и обжима водолаза основывается на правильно собранном анамнезе, направленном на выяснение непосредственных причин и обстоятельств возникновения патологии, а также на клинических проявлениях и тяжести симптомов.

8.5.5. Оказание помощи и лечение

В легких случаях заболевания водолаза (спортсмена-подводника) поднимают наверх и освобождают от снаряжения и стесняющей одежды. Пострадавшему предоставляется покой до полной нормализации жизненно важных функций организма. По показаниям назначают дыхание кислородом и симптоматическую терапию. Рекомендуются болеутоляющие средства, димедрол по 0,05 г, теofilлин по 0,1 г 2-4 раза в день. В случае ослабления сердечной деятельности вводят подкожно 2 мл 10 %-ного раствора кофеина или внутривенно медленно 1 мл 0,06 %-ного раствора коргликона в 10 мл 40 %-ного раствора глюкозы.

При тяжелой степени заболевания помощь должна оказываться в условиях стационара, а при наличии симптомов газовой эмболии — в барокамере. В этом случае лечебная рекомпрессия проводится по методике лечения баротравмы легких (см. п. 8.3.6) с назначением соответствующей симптоматической терапии. Если лечебная рекомпрессия не проводится, то следует как можно раньше применять дыхание кислородом. Назначают стимуляторы дыхания и сердечной деятельности. При явлениях сердечно-сосудистой недостаточности применяют перорально теofilлин, внутримышечно или медленно внутривенно 1-2 мл кордиамина или 1 мл 10 %-ного раствора коразола, эуфиллин (1,0-1,5 мл 24 %-ного раствора внутримышечно или 5-10 мл 2,4 %-ного раствора в 20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно) или строфантин (0,5 мл 0,05 %-ного раствора в 10-20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно). Проводят дегидратационную терапию: до 80 мл 40 %-ного раствора глюкозы, 10—20 мл 25 %-ного раствора сернокислой магнезии внутримышечно, 2—4 мл 1 %-ного раствора фуросемида внутривенно или внутримышечно. При отеке легких применяют кровопускание (до 400 мл), внутрь бензогексоний 2-3 раза в день по 0,1—0,2 г или в виде 2,5 %-ного раствора 1—1,5 мл подкожно, нитроглицерин по 1 таблетке через 20 мин в течение 1 ч.

8.5.6. Профилактика

Для предупреждения обжатия грудной клетки необходимо:

- тщательно контролировать правильность проведения рабочей проверки водолазного снаряжения с обращением особого внимания на величину давления в баллонах, отсутствие повреждений дыхательного мешка, исправность редуктора и дыхательного автомата;
- открывать вентили баллонов до включения в аппарат;
- не нырять глубже 30 м, не нырять без страховки;
- при нырянии без дыхательного аппарата не делать выдох перед погружением, а также в период погружения и пребывания на глубине.

8.6. Обжим водолаза

8.6.1. Определение

Под обжимом водолаза понимается патологическое состояние, возникающее в результате уменьшения объема воздушной подушки в водолазной рубаше или в других случаях неравенства давлений с обеих сторон жестких узлов водолазного снаряжения или оборудования, соприкасающихся с частями тела водолаза. В водолазной практике обжим может произойти при спуске в любом виде водолазного снаряжения и в барокамере.

8.6.2. Этиопатогенез

Различают общий и местный обжим.

Общий обжим наблюдается при использовании снаряжения с жестким шлемом (вентилируемое снаряжение) и может наступить в следующих случаях:

- при спуске водолаза без подачи воздуха в скафандр;
- при падении водолаза с поверхности на грунт без подачи воздуха в скафандр;
- при очень быстром спуске, когда поступающий по шлангу воздух не успевает заполнить газовый объем скафандра;
- при разрыве шланга подачи воздуха водолазу выше уровня водолаза, в случае неисправности невозвратного клапана;
- при заедании штока головного травящего клапана, вследствие чего через этот клапан в открытом положении воздух полностью вытесняется из скафандра давлением окружающей воды;
- при нарушении целости металлического шлема.

Общий обжим в снаряжении с полужамкнутой и открытой схемами дыхания в шланговом варианте с использованием жесткого объемного шлема маловероятен из-за наличия резервного запаса воздуха или ДГС.

Общий обжим в барокамере возможен при грубом нарушении техники безопасности, если декомпрессия производится через наружный клапан медицинского шлюза при открытом внутреннем люке. Тело водо-

лаза, случайно прислонившегося к отверстию шлюза, может быть втянуто внутрь шлюза.

Местный обжим может возникнуть при использовании снаряжения с открытой, полузамкнутой и замкнутой схемами дыхания, при нырянии в комплекте № 1, а также в барокамере. Обжим может наступить в районе соприкосновения с лицом очков объемного шлема, маски или полумаски в случаях:

- несвоевременного выравнивания давления в подшлемном и подгидрокомбинезонном пространствах с окружающим давлением во время спуска под воду;
- отсутствия запасов воздуха, дыхательной газовой смеси или кислорода в баллонах аппарата в период спуска до фунта;
- падения водолаза на грунт без подачи воздуха (ДГС, кислорода) в дыхательный мешок (в подмасочное пространство).

При нырянии в комплекте № 1, использовании аппаратов с открытой, замкнутой или полузамкнутой схемой дыхания с маской обжим лица водолаза может наступить, если пострадавший при спуске под воду не смог своевременно выровнять давление в подмасочном пространстве с окружающим давлением.

Местный обжим при нахождении в барокамере возможен при соприкосновении частей тела водолаза с узлами барокамеры, связанными со стравливанием газовой среды.

Снижение давления в снаряжении по сравнению с окружающим вызывает перемещение крови и лимфы из нижних отделов в верхние части тела. Наступает расширение сосудов легких, грудной клетки, шеи, лица, а также внутричерепных сосудов. Развивается венозный застой в указанных частях тела, нарушается работа сердца, возникают отеки и кровоизлияния. Наряду с этим существенно снижается оксигенация крови, развивается гипоксия. Тяжесть проявления общего обжима зависит от разности давления внутри и снаружи снаряжения, а также от продолжительности дисбаланса давлений. При относительно небольших величинах перепада давления недостаточность деятельности сердечной и дыхательной систем наступает постепенно. Если же внешнее давление, действующее на грудную клетку, превышает внутрилегочное на 1000—1300 мм вод.ст., то дыхание становится невозможным, так как сила дыхательных мышц уже не может преодолеть такое давление. При этом обжатие грудной клетки можно считать одним из проявлений общего обжима водолаза.

Иногда обжим бывает настолько сильным, что вызывает большие травматические повреждения различных органов и костей и заканчивается смертельным исходом.

8.6.3. Клиника

В легких случаях общего обжима у пострадавших появляются затрудненный вдох, прилив крови к голове, шум в ушах, мелькание перед глазами, легкое головокружение. У пострадавшего отмечаются нарушение

деятельности кардиореспираторной системы, кровоснабжения мозга, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

В тяжелых случаях обжима у пострадавшего наступает переполнение кровеносных сосудов головы и шеи, повышение венозного и артериального давления, множественные кровоизлияния в ткани, кровотечения из верхних дыхательных путей, носа и ушей. При осмотре пострадавшего отмечается большая отечность и багрово-синюшный цвет лица. Определяются недостаточность и перенапряжение правого желудочка сердца, аритмия пульса, картина ЭКГ, напоминающая инфаркт. Следствиями обжима могут быть отек легких и мозга, а также шок.

В случае большой разницы между давлением внутри шлема и наружным давлением, возникающей при падении на грунт водолаза в вентилируемом снаряжении без подачи воздуха, происходит вдавливание внешним давлением верхней части тела в полость шлема, в результате чего могут возникать переломы шейного отдела позвоночника, ключиц, костей черепа, деформация грудной клетки, разрывы спинного мозга, значительное увеличение объема головы. Подобные травматические повреждения приводят к смертельному исходу. Летальный исход вследствие переломов ребер и позвоночника, а также разрывов внутренних органов возможен также при общем обжиге водолаза в случае втягивания тела водолаза в медицинский шлюз барокамеры.

Местный обжим характеризуется болями в области глаз, кровоизлияниями в оболочки глазных яблок, локальной гиперемией и отечностью лица. Иногда отмечаются кровотечения из носа и верхних дыхательных путей.

8.6.4. Оказание помощи и лечение

Первым мероприятием по оказанию помощи пострадавшему водолазу является устранение причины, вызвавшей обжим.

Если обжим возник в момент погружения водолаза на малые и средние глубины или на грунте в течение времени, позволявшего осуществить безопасный безостановочный подъем на поверхность, то пострадавшего поднимают на палубу, освобождают от снаряжения и оказывают необходимую медицинскую помощь. При оказании помощи вне барокамеры больному обеспечивают дыхание кислородом.

В случае работы водолаза на глубине, требующей проведения декомпрессии, после подъема пострадавшего на палубу его быстро освобождают от снаряжения и помещают в барокамеру вместе с водолазным врачом (фельдшером) для проведения декомпрессии в барокамере и выполнения лечебных мероприятий. При выборе режима декомпрессии необходимо учитывать глубину спуска и общее время пребывания водолаза на фунте (время от момента начала спуска до момента подъема с грунта).

Если обжим водолаза осложняется декомпрессионной болезнью или баротравмой легких, то проводится лечебная рекомпрессия согласно п. 8.2.6 или 8.3.6 соответственно.

При незначительном обжиге водолазу предоставляется покой и проводится симптоматическое лечение. По показаниям назначают болеутоляющие препараты: 0,02 г анальгина, 0,25 г амидопирина, 0,25 г антипирина, 0,1 г теофиллина 3-4 раза в день, 0,05 г димедрола 2 раза в день. При ослаблении сердечной деятельности назначают 1 мл 10 %-ного раствора кофеина подкожно, 1 мл 0,06 %-ного раствора коргликона в 10 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно.

В тяжелых случаях общего обжигам пострадавшему необходимо оказывать экстренную помощь, которая должна начинаться сразу после извлечения из воды и продолжаться при пребывании в барокамере. При отсутствии дыхания пострадавшему проводят искусственную вентиляцию легких способом «изо рта в рот» («изо рта в нос») в соответствии с приложением 18. При наличии ларингоспазма применяют спазмолитические препараты (5—10 мл 2,4 %-ного раствора эуфиллина в 20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно). Для уменьшения отека верхних дыхательных путей назначают антигистаминные препараты (2 мл 2,5 %-ного раствора дипразина внутривенно или внутримышечно). Если отек мягких тканей верхних дыхательных путей исключает нормальное дыхание, то пострадавшему проводят интубацию, трахеостомию или коникотомию (см. приложение 18).

По показаниям проводят противошоковую терапию. В случае острой сердечно-сосудистой недостаточности применяют сердечные гликозиды (0,5—1 мл 0,05 %-ного раствора строфантина или 1 мл 0,06 %-ного раствора коргликона в 10 мл 20 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно). При прекращении сердечной деятельности проводят наружный массаж сердца (см. приложение 18).

При появлении симптомов, свидетельствующих о наличии у пострадавшего повышенного внутричерепного давления, проводят дегидратационную терапию (до 80 мл 40 %-ного раствора глюкозы, 10-20 мл 25 %-ного раствора сернокислой магнезии внутримышечно, 2—4 мл 1 %-ного раствора фуросемида внутривенно или внутримышечно). При кровотечении из носа и верхних дыхательных путей пострадавшему назначают хлористый кальций (10 мл 10 %-ного раствора внутривенно), викасол (1 мл 1 %-ного раствора внутримышечно), противостолбнячную или противодифтерийную сыворотку по 3-4 мл внутримышечно.

Кровоточащие места слизистой обрабатывают 3 %-ным раствором перекиси водорода, при возможности применяют холод. При местном обжиге по показаниям пострадавшему назначают болеутоляющие препараты (анальгин и др.). Гиперемизованные участки кожи протирают 70 %-ным этиловым или камфорным спиртом и обрабатывают не раздражающими или нейтральными кремами.

Во всех случаях после оказания медицинской помощи и не ранее чем через 6 ч после окончания лечебной рекомпрессии пострадавшего необходимо направить на стационарное обследование и лечение, так как мозговые нарушения могут появляться в различные сроки после подъема водолаза на поверхность.

8.6.5. Профилактика

Перед каждым спуском водолаз должен провести рабочую проверку снаряжения в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Нельзя допускать случаев спуска водолазов в неисправном снаряжении. При проверке снаряжения особое внимание уделяется исправности работы устройств, обеспечивающих подачу и стравливание газа (головного травящего клапана, предохранительного клапана шлема, редуктора, дыхательного автомата, целость мешка, запас газа в баллонах аппарата). Внутренние узлы барокамеры, предназначенные для стравливания газовой среды, должны иметь ограждения или специальные отверстия, препятствующие присасыванию частей тела.

Если газоподающие устройства снаряжения не обеспечивают пополнения скафандра необходимым количеством воздуха, то следует остановить спуск и приподнять водолаза на несколько метров для увеличения объема скафандра за счет расширения в нем воздуха. Если устранить неисправность не удастся, то водолазы поднимают на поверхность. Следует избегать случаев увеличения скорости спуска водолазов с ручной подачей воздуха в скафандр более 15—25 м/мин, а при спуске в снаряжении, оборудованном автоматической подачей, - более 30 м/мин. При спусках в снаряжении с открытой, полужамкнутой и замкнутой схемами дыхания необходимо своевременно заполнять подшлемное и подмасочное пространство газовой смесью путем выдоха носом или иным способом.

Во время пребывания водолаза под водой обеспечивающий спуск должен постоянно контролировать длину вытравленного шланга и сигнального конца (кабель-сигнала), не допуская их большой слабину, чтобы в случае срыва со спускового конца спускающегося водолаза не произошло его падения на грунт.

Во время пребывания под водой водолазу необходимо постоянно контролировать количество газовой смеси в водолазной рубаше (в дыхательном мешке аппарата) и при необходимости своевременно пополнять его.

8.7. Баротравма уха и придаточных пазух носа

8.7.1. Определение

Под баротравмой уха понимается перерастяжение или разрыв барабанной перепонки вследствие разности давления газовой смеси на нее со стороны наружного слухового прохода и изнутри барабанной полости.

Баротравма придаточных пазух носа возникает при повреждении слизистой оболочки каналов гайморовой и лобной полостей, а также ячеек решетчатой кости вследствие разности давления со стороны входного отверстия канала и изнутри полости.

Баротравма уха и придаточных пазух носа может возникать как в процессе погружения (при повышении окружающего давления), так и при подъеме с глубины на поверхность (при снижении окружающего давления).

8.7.2. Этиология

В процессе водолазного спуска (при повышении окружающего давления) газовая среда, окружающая водолаза, проникает через евстахиеву трубу в полость среднего уха и в придаточные пазухи носа через их каналы. Способность человека выравнять давление в воздухоносных полостях с окружающим давлением называется барофункцией. Если скорость повышения давления будет очень большой, то через узкие проходные каналы газовая смесь не сможет в необходимом объеме поступать в полости среднего уха или в придаточные пазухи носа, в результате чего давление в них будет меньше окружающего давления. В первую очередь разность давления передается на эластичную барабанную перепонку, которая представляет собой перегородку толщиной 0,1 мм диаметром 8–9 мм, сплетенную из волокон, идущих в разных направлениях.

Аналогично развиваются болезненные явления в лобной и гайморовой пазухах в силу плохой проходимости каналов, посредством которых они сообщаются с окружающей средой. В этих полостях также создается разрежение.

Когда разность давления в полости среднего уха с наружным давлением достигает 0,1–0,6 м вод.ст., возникает чувство заложенности в ушах. При 3 м вод.ст. и более появляется боль и может наступить разрыв барабанной перепонки, повреждение слизистой оболочки каналов и придаточных пазух носа.

Поданным А.И.Дайхеса (1955), баротравма уха занимает одно из первых мест среди патологических изменений, вызываемых повышенным давлением. Он зарегистрировал баротравму уха у 23 из 139 кессонщиков при постройке железнодорожного моста через Волгу.

А.П.Мясниковым, В.Г.Колосовым и О.В.Румянцевой (1977) были проведены испытания барофункции ушей в барокамере под давлением до 12 м вод.ст. у 750 здоровых молодых людей, прошедших тщательный осмотр ЛОР-органов. Из-за невозможности выравнивания давления в полости среднего уха 2,4 % из всех обследуемых были выведены из барокамеры, как правило, при величине давления 4–5 м вод.ст. При ЛОР-осмотре после спуска всех обследуемых, достигших максимального давления (12 м вод.ст.), в 2,9 % случаев были выявлены резкая тотальная гиперемия и кровоизлияния в барабанной перепонке.

Баротравма уха наиболее часто встречается в период компрессии. Это связано с анатомическими особенностями строения евстахиевой трубы. Слизистая оболочка ее имеет радиальные складки, гребни которых обращены в сторону носоглотки. При повышении окружающего давления эти складки препятствуют поступлению окружающего воздуха в полость среднего уха. В отдельных случаях при быстром падении окружающего давления (при подъеме водолаза с глубины на поверхность) и недостаточной проходимости евстахиевых труб (например, при воспалении слизистой) газовая смесь, находящаяся в полости среднего уха, не успевает выйти наружу. В результате давление в полости среднего уха будет больше окружающего давления.

Баротравма придаточных пазух носа также чаще встречается при повышении окружающего давления, однако при подъеме водолаза (декомпрессии) болезненные явления в этих полостях встречаются чаще, чем боли в полости среднего уха. Это может быть связано с закупоркой каналов изнутри придаточной пазухи разбухшей слизистой оболочкой или пробкой из содержимого полости.

Обычно баротравма уха и придаточных пазух носа возникает при воспалительных процессах в области носоглотки (рините, евстахеите, фарингите). Не исключается возможность возникновения баротравмы уха и придаточных пазух носа в случае нормального состояния носоглотки. Это возможно при быстром спуске или подъеме с глубины на поверхность, когда проходные сечения каналов и отверстия, сообщающие полости среднего уха и придаточные пазухи носа с окружающей средой, не обеспечивают своевременного выравнивания окружающего давления с внутренним давлением указанных полостей. При нормальной проходимости евстахиевых труб у водолаза спуск можно безопасно проводить со скоростью до 50 м/мин. Однако в целях безопасности скорость спуска водолазов ограничена 20 м/мин. У лиц с врожденными или приобретенными сужениями просвета каналов выравнивание внутреннего давления с окружающим давлением затруднено. Такие люди к обучению по специальности «водолаз» не допускаются.

8.7.3. Патогенез

При более низком давлении в полости среднего уха по сравнению с окружающим происходит набухание слизистой по механизму кровососной банки, а также расширение сосудов, которое может закончиться кровоизлиянием. Кроме того, барабанная перепонка, овальная и круглая мембраны втягиваются внутрь среднего уха, в результате чего меняется взаимное положение молоточка, наковальни и стремечка. Все это приводит к возникновению ощущения «надавливания» на уши, шума в ушах, к понижению остроты слуха, а также к появлению колющих болей, нередко весьма интенсивных.

Американские врачи Армстронг и Гейм (1937) установили, что нормальное ухо реагирует на изменение давления уже в 3—5 мм рт.ст., которое большинством воспринимается как «чувство полноты в ухе». Повышение давления более 30 мм рт.ст. вызывает невыносимую боль в среднем ухе и головокружение, а более 100-150 мм рт.ст. приводит к разрыву барабанной перепонки. Они ввели термин «аэроотит» для заболевания среднего уха, возникающего вследствие его баротравмы при плохой проходимости евстахиевых труб. Поданным Б.В.Петровского и С.Н.Ефуни (1976), к разрыву барабанной перепонки обычно приводит разница давления около 200—225 мм рт.ст., а у лиц с рубцами и атрофией перепонки, снижающими ее упругость, разрыв возможен и при меньшем градиенте давления. В.И.Воячек и КЛ.Хилов (1963) считают, что при медленном нарастании давления барабанная перепонка может выдерживать давление до 760 мм рт.ст. и более.

В случае повышенного давления в полости среднего уха по сравнению с окружающим происходит прижатие слизистой оболочки среднего уха к костным стенкам, что вызывает раздражение заложенных в ней нервных окончаний, затруднение кровоснабжения тканей уха за счет сдавливания сосудов. Под влиянием избыточного давления в среднем ухе барабанная перепонка выпячивается наружу. Круглая и овальная мембраны, закрывающие одноименные отверстия на медиальной стенке среднего уха, деформируются и выгибаются в сторону внутреннего уха. У водолаза появляются ощущения тяжести, шума и боли в ушах.

Избыточное давление в лобной и гайморовых полостях, а также в решетчатой кости локально сдавливает сосуды, нервные окончания и вызывает болевые ощущения. Повреждение слизистой оболочки каналов может привести к носовому кровотечению.

Наряду с местными явлениями перепады давления в полостях среднего уха и придаточных пазухах носа могут вызывать общие изменения функционального состояния организма в целом. К ним относятся прежде всего изменения функций дыхания и сердечно-сосудистой системы, характеризующиеся учащением дыхания и пульса, изменением артериального давления, минутного объема сердца и других рефлекторно возникающих функциональных изменений. Боли в среднем ухе и в придаточных пазухах носа становятся иногда настолько сильными, что человек теряет способность нормально реагировать на окружающую обстановку и выполнять самую легкую работу.

8.7.4. Клиника

В клинической картине выделяют три степени тяжести баротравмы среднего уха: легкую, среднюю и тяжелую.

При легкой степени заболевания у пострадавшего появляются заложенность в ушах, неприятные ощущения «надавливания» на барабанную перепонку, потеря остроты слуха.

Баротравма уха средней степени тяжести характеризуется острой, иногда сильной болью в ухе, которая может иррадиировать в височную область или в околоушную железу. У пострадавшего резко снижаются звукопроводение и слуховосприятие, появляется посторонний шум в ушах.

При тяжелой форме баротравмы уха наступает разрыв барабанной перепонки, давление внутри полости среднего уха выравнивается с окружающим, после чего острая боль стихает и появляется ощущение тепла в пораженном ухе вследствие наступившего кровоизлияния. В наружном слуховом проходе обнаруживается небольшое количество крови.

Отоскопически различают 4 степени баротравмы уха:

I степень — втянутость барабанной перепонки, гиперемия по ее периферии и вдоль рукоятки молоточка;

II степень — разлитая гиперемия барабанной перепонки;

III степень — наличие выпота или крови в барабанной полости, мелкоочаговые кровоизлияния в барабанной перепонке;

IV степень - перфорация барабанной перепонки с кровотечением из наружного слухового прохода, иногда бывает отрыв барабанной перепонки от места ее прикрепления, чаще в передненижнем отделе.

В.И.Тюрин (1998) рассматривает 3 степени баротравмы уха как по субъективным, так и по объективным данным (он не разделяет II и III степени) и соотносит степени поражения с перепадами давлений: 1-я - перепад давления от 30 до 70 мм рт.ст., 2-я — от 80 до 100 мм рт. ст., 3-я — от 100 до 200 мм рт.ст.

Баротравма внутреннего уха характеризуется развитием меньероподобного синдрома, наступающего вследствие раздражения лабиринтного аппарата. Появляются сильное головокружение, тошнота и рвота, шум в ушах и нарушение равновесия. Наблюдаются также ухудшение слуха, выраженные вегетативные реакции (сильное потоотделение, побледнение кожных покровов и др.), нистагм глазных яблок. Дифференциальная диагностика меньероподобного синдрома при баротравме уха от такого синдрома при декомпрессионной болезни проводится исходя из условий спуска (при баротравме уха он возникает при компрессии и чаще на малых глубинах, а при декомпрессионной болезни - в процессе декомпрессии).

Баротравма лобной, гайморовой пазух и ячеек решетчатой кости сопровождается сильными локальными болями. Боли из области надбровий могут иррадиировать в височные и лобные области. При нарушении проходимости канала гайморовой пазухи иногда возникают сильные зубные боли на соответствующей стороне верхней челюсти.

8.7.5. Оказание помощи и лечение

Характер оказания помощи при баротравме уха и придаточных пазух носа зависит от степени повреждения барабанной перепонки и слизистой оболочки каналов, соединяющих придаточные пазухи носа с окружающей средой.

При появлении боли в ушах или придаточных пазухах носа во время спуска (компрессии в барокамере) необходимо на короткое время остановить спуск и предложить водолазу «продуться», делая глотательные, зевательные движения, движения нижней челюсти при закрытом рте (маневр Тойнби), то же при закрытом рте и зажатом носе (маневр Френзеля) или осторожный выдох при закрытом рте и зажатом носе (маневр Вальсальвы). В вентилируемом водолазном снаряжении водолаз может попытаться продуться, прижимая нос к внутренней поверхности шлема. Если водолаз на остановке не может продуться, то нужно поднять его на 2-3 м и предложить повторно продуться. При безуспешности этих попыток водолаза необходимо поднять на поверхность.

При появлении у водолаза болей в ушах, придаточных пазухах носа или в области зубов во время подъема на поверхность или при декомпрессии в камере нужно приостановить подъем и предложить водолазу продуться, делая резкие вдохи при закрытом рте и носе (маневр Мюллера, или обратный маневр Вальсальвы). При нахождении водолаза в барокамере ему следует проглотировать нафтизин или санорин и предло-

жить закапать по 2 капли в обе ноздри. В случае появления болей в ушах или придаточных пазухах носа во время декомпрессии или сохранения болей после выхода из барокамеры может помочь повторное повышение давления на 2-3 м с последующим медленным его снижением.

При наличии у водолаза, поднятого на поверхность, жалоб на наличие болей проводится отоскопия, в наружный слуховой проход вводится стерильная марлевая турунда, смоченная 70 %-ным спиртом, после чего ухо закрывается ватным тампоном и накладывается повязка. Через 3-4 ч через марлевую турунду повторно вводится 10—15 капель спирта. С целью расширения отверстий евстахиевых труб для улучшения оттока экссудата из полости среднего уха 3-4 раза в день закапываются в нос сосудосуживающие средства. При наличии головных болей пострадавшему назначают анальгин или амидопирин (0,25-0,5 г внутрь 2-3 раза в день), седальгин (по 1 таблетке 2-3 раза в день).

При разрыве барабанной перепонки (наличии кровотечения из уха) необходимо наложить на ухо стерильную повязку. Запрещается очищать наружный слуховой проход от крови, промывать ухо, сморкаться, громко разговаривать и продуваться. Больной направляется в лечебное учреждение для оказания специализированной помощи отоларингологом. При нормальном течении заболевания дефект барабанной перепонки зарубцовывается через 2—3 недели.

При баротравме придаточных пазух носа помощь должна быть направлена на облегчение болей и остановку возможного кровотечения путем прикладывания на лицо льда или полотенца, смоченного холодной водой. При сохраняющихся болях необходимо дать 1 таблетку анальгина (0,5 г). Пострадавшему предоставляется покой. При непрекращающемся носовом кровотечении производится передняя или задняя тампонада носа (см. приложение 18). При осложненной баротравме придаточных пазух носа больной должен быть направлен в лечебное учреждение.

При баротравме внутреннего уха (меньероподобном синдроме) больного следует уложить на носилки, закапать нафтизин и отправить в лечебное учреждение. При этом проводить лечебную рекомпрессию не требуется. В случае невозможности срочного направления пострадавшего в лечебное учреждение для купирования выраженных симптомов лабиринтного аппарата назначают постельный режим и препараты нейрорелептического действия: аминазин 0,05 г, трифтазин 0,01 г, галоперидол 0,015 г, а также атропин 0,1 %-ный раствор - 1 мл подкожно, пипольфен 0,025 г, димедрол 0,05 г, аэрон.

Для профилактики осложнений (гнойного отита, гнойного гайморита, фронтита и синусита) пострадавшему водолазу назначают сульфаниламидные препараты или курс антибиотикотерапии, местные тепловые процедуры на область поврежденных полостей, закапывают в нос бактериостатические или дезинфицирующие растворы и сосудосуживающие средства (1 %-ный масляный раствор ментола, 2-3 %-ный раствор эфедрина по 3—5 капель в каждое носовое отверстие), расширяющие просвет каналов, что создает благоприятные условия для дренажа придаточных полостей носа.

8.7.6. Профилактика

При отборе кандидатов в водолазы и при повторяющихся нарушениях барофункции у водолаза в ходе водолазных спусков необходимо проводить оценку барофункции при ЛОР-осмотре (применением маневров «продувания» с ушной манометрией, отоскопией или аускультацией наружного слухового прохода) и при испытании в барокамере.

Проверка барофункции ушей в барокамере проводится после медицинского и ЛОР-осмотра свидетельствуемого. Кандидаты в водолазы проходят инструктаж о способах выравнивания давления в воздухоносных областях. Давление в барокамере до 10 м вод.ст. повышается в течение 1-2 мин. Обеспечивающий врач (фельдшер) постоянно наблюдает за состоянием и поведением свидетельствуемых. При появлении признаков «надавливания» на уши или болей в придаточных пазухах носа, не устранимых маневром Вальсальвы, компрессия немедленно прекращается и при необходимости давление снижается на 1 -2 м вод.ст. В случае полной нормализации состояния данного лица проводится вторая попытка повышения давления. При повторном появлении болей, не устранимых продуванием, проводится декомпрессия до 0 м. Остальные лица повторно подвергаются компрессии до 10 м вод.ст., после чего давление безостановочно снижается до 0 м.

По данным проверки барофункции каким-либо из вышеупомянутых способов проводится оценка барофункции, а после выхода из барокамеры — также определение степени гиперемии барабанных перепонок.

Барофункция оценивается по 4 степеням:

- I степень - выравнивание давления глотательными, зевательными движениями, движениями нижней челюсти при закрытом рте и незажатом носе (маневр Тойнби);
- II степень - выравнивание давления глотательными, зевательными движениями, движениями нижней челюсти при закрытом рте и зажатом носе (маневр Френзеля);
- III степень — выравнивание давления осторожным выдохом при закрытом рте и зажатом носе (маневр Вальсальвы);
- IV степень — отсутствие возможности выравнивания давления маневром Вальсальвы.

Выраженность гиперемии барабанных перепонок по данным отоскопии после выхода из барокамеры также имеет 4 степени оценок:

- I степень — отсутствие объективных данных;
- II степень - слабо выраженная гиперемия сосудов верхних отделов барабанной перепонки или инъекция сосудов по ходу рукоятки молоточка;
- III степень — частичная краснота барабанной перепонки без геморрагических очагов;
- IV степень - разлитая и интенсивная гиперемия вплоть до пурпурной окраски с множественными кровоизлияниями на барабанной перепонке, заметной втянутостью ее и резко контурированными слуховыми косточками, возможен выпот в полость среднего уха.

Кандидаты в водолазы признаются годными при барофункции I и II степени, а работающие водолазы - при барофункции I, II и III степени. При резком и стойком нарушении барофункции (барофункции IV степени) кандидаты в водолазы и водолазы признаются не годными к выполнению водолажных работ.

Экспертный подход при нарушении барофункции придаточных пазух носа такой же, как и при нарушении барофункции ушей. При этом учитываются жалобы свидетельствуемых, состояние носовой полости и носоглотки, переносимость тестирования в барокамере и результаты диафаноскопии или рентгенографии придаточных пазух носа.

При проведении водолажных спусков основным профилактическим мероприятием, направленным на исключение баротравмы уха и придаточных пазух носа, является тщательный медицинский осмотр водолазов, назначаемых на спуск. Водолазы, имеющие насморк, ангину, а также признаки воспаления слизистой носоглотки, к спускам под воду не допускаются. При частичной непроходимости евстахиевых труб перед спуском закапывают в нос 2-3 %-ный раствор эфедрина.

Перед каждым спуском под воду (в барокамере) водолазы могут проводить самоконтроль барофункции ушей, используя маневры Тойнби, Френкеля или Вальсальвы. В случае появления щелчков можно говорить о барофункции соответствующей степени. Отсутствие щелчков свидетельствует о плохой проходимости, препятствующей спуску под воду.

При наличии у водолаза нормальной проходимости евстахиевых труб во время спуска под воду необходимо постоянно выравнивать давление в полости среднего уха с окружающим, не допуская болевых ощущений. В случае их появления следует проводить мероприятия, изложенные в п. 8.7.5.

8.8. Травма подводной взрывной волной

8.8.1. Определение

Травма подводной взрывной волной — это патологическое состояние, возникшее вследствие воздействия на водолаза подводного взрыва.

8.8.2. Этиопатогенез

Травму подводной взрывной волной при выполнении подводных взрывных работ или в районе боевых действий водолаз может получить при использовании любого водолазного снаряжения. Особенно опасен подводный взрыв для водолаза в снаряжении с замкнутой или полужамкнутой схемой дыхания, поскольку помимо повреждений в организме, вызываемых непосредственно воздействием ударной волны, возможно также развитие баротравмы легких вследствие резкого давления на дыхательный мешок.

Подводный взрыв используется как средство борьбы с подводными диверсантами. Еще в 1941 г. при осаде итальянскими подводными диверсантами бухты Альхесирис в зоне Гибралтарского пролива англичане использовали периодически сбрасываемые под воду малые глубинные

бомбы. В дальнейшем такая защита неоднократно применялась во время войн, а также в мирное время, особенно при зарубежных морских визитах государственных деятелей. И в настоящее время подводный взрыв остается основным средством борьбы с подводными диверсантами. Подводные взрывные работы широко применяются для дробления подводных скальных фунтов, очистки фарватеров и акваторий портов от затонувших кораблей и судов, а также в других целях. Травме подводной взрывной волной может подвергнуться водолаз, выполняющий подводные взрывные работы, или водолаз, спускающийся в районе проведения подводных взрывов другими исполнителями. Возможно также поражение водолаза подводным взрывом при браконьерской добыче рыбы.

При взрыве боеприпасов в центре взрыва создается высокое давление, которое равномерно распространяется во все стороны со сверхзвуковой скоростью. Взрыв так уплотняет воду, как если бы она была сжата внешним давлением до $10\,000\text{ кгс/см}^2$. При распространении ударной волны происходит крутое нарастание давления в ее фронте и пологое снижение давления в нисходящей части. Подводная ударная волна несет 52—53 % всей энергии заряда. Скорость распространения ударной волны (около 1500 м/с) приближается к скорости звука в воде. Радиус распространения подводной взрывной волны в 4 раза превышает радиус соответствующей волны, передвигающейся в воздухе.

Объем, занимаемый продуктами взрыва, называется газовым пузырем. После ухода фронта ударной волны давление в газовом пузыре уменьшается, но продолжает оставаться выше давления окружающей водной среды. Газовый пузырь расширяется, давление в нем уменьшается и становится ниже гидростатического давления. Затем под действием изменившегося направления движения слоев воды пузырь начинает сжиматься и давление в нем становится намного выше окружающего. На этом заканчивается первый цикл пульсации газового пузыря, после чего пузырь вновь расширяется и цикл повторяется. Число таких пульсаций может достигать десяти и более. В период максимального сжатия пузыря возникает вторичная волна давления,двигающаяся со скоростью, близкой к скорости звука. От ударной волны она отличается тем, что не имеет крутого фронта давления, обладает значительно меньшей величиной давления и во много раз большей продолжительностью.

Если воздушная взрывная волна действует травмирующим образом в обеих своих фазах — компрессии и расширения, то в водной среде она оказывает повреждающий эффект только в фазе компрессии.

Травма водолаза подводной взрывной волной может произойти на любом этапе водолазного спуска: в период погружения до грунта, на грунте, в период подъема на поверхность, на поверхности при плавании на воде. Сила воздействия взрывной волны зависит от величины заряда, расстояния водолаза от места взрыва, положения тела по отношению к фронту взрывной волны и от типа снаряжения. Ведущим фактором является величина давления во фронте ударной волны. Локализация и степень повреждений зависят также от того, какой стороной тела и под каким углом водолаз обращен к взрывной волне. Чем ближе

к прямому углу между поверхностью тела и направлением действующей силы, тем значительнее и обширнее повреждение органов. В положении спиной к взрывной волне повреждения, как правило, бывают менее выраженными, чем при плавании по поверхности воды на животе или при вертикальном положении тела под водой, когда взрывная волна направлена под углом 90° к передней поверхности тела водолаза.

Специальные исследования, выполненные за рубежом, показали, что человек в воде ощущает ударную волну как удар электрического тока при давлении во фронте ударной волны $0,2-0,3$ кгс/см². При давлении $1,5$ кгс/см² человек начинает ощущать болевое воздействие, особенно в брюшной полости (Яковлев Б.Е., Масляников В.А., 1963).

Давление во фронте ударной волны 15 кгс/см² зачастую приводит к гибели человека, находящегося в воде в обычной одежде, особенно при ее полном намокании. Эта величина давления является опасной и для водолаза, находящегося в гидрозашитной одежде, а при давлении $20-30$ кгс/см² поражения водолаза, не защищенного специальной одеждой, могут оказаться несовместимыми с жизнью.

Ударная волна вызывает наиболее тяжелые повреждения в тех органах человека, которые имеют неравномерную плотность или в которых содержится воздух. Механизм действия ударной волны состоит в разнице скоростей ее распространения в газовых полостях и органах, не содержащих газ, а также в разных ускорениях, сообщаемых участкам тканей различной плотности. Между отдельными частями тела при их перемещении возникают избыточные напряжения, в результате чего в тканях образуются разрывы. Особую опасность представляет находящийся в организме воздух, так как, легко обжимаясь, он создает условия для возникновения различных повреждений. Наименее стойкими к взрыву являются легкие, желудок, кишечник, ухо и придаточные пазухи носа.

Водолаз, плавающий вблизи поверхности, подвергается при прочих равных условиях действию меньшего импульса давления, чем находящийся на глубине. При одинаковом расстоянии от центра взрыва повреждающее действие поверхностного взрыва будет меньше, чем глубоководного.

Повреждающее действие ударной волны резко снижается при переходе волны через воздушную прослойку, так как при этом уменьшается скорость распространения ударной волны. При частичном погружении тела водолаза в воду поражения возникают только в погруженных частях тела, однако на уровне раздела воздуха и воды возможны значительные повреждения органов, в связи с чем такая позиция для водолаза является наиболее опасной.

Способствующими условиями развития поражения являются:

- погружение без гидрозашитной и теплозащитной одежды;
- погружение в плотно облегающих гидрокombineзонах и гидрокостюмах без воздушной подушки;
- погружение в аппаратах с дыхательным мешком (снаряжения с полужамкнутой и замкнутой схемами дыхания);
- частичное погружение водолаза под воду в момент взрыва;

- фронтальное положение водолаза по направлению к взрыву;
- большая глубина погружения.

Наружных признаков травмы взрывной волной обычно не бывает.

Могут возникнуть повреждения барабанной перепонки, закрытые черепно-мозговые травмы с повреждением мозговой ткани и переломами костей черепа, особенно в области пазух. Возможны переломы позвоночника, костей таза и конечностей.

Распространение ударной волны в легких приводит появлению отдельных участков кровоизлияний преимущественно в нижних долях. Кровоизлияния в легочную паренхиму могут сопровождаться серозно-геморрагическими экссудатами. При взрывах большой силы возникают разрывы легочной паренхимы и плевры с картиной гемоторакса, что часто осложняется артериальной газовой эмболией.

Выраженность повреждения органов брюшной полости зависит от содержания в них газа и толщины стенки органа. Как правило, поражаются органы, размещенные в нижней части живота. В легких случаях отмечаются ушибы отдельных петель кишечника с разлитыми или мелкоточечными кровоизлияниями в кишечных стенках без нарушений их целостности. Иногда имеется лишь более или менее выраженная ретроперитонеальная гематома. Разрыв сосудов и кровоизлияния в кишечнике могут приводить к его непроходимости. В более тяжелых случаях появляются множественные или одиночные разрывы стенок желудочно-кишечного тракта с излиянием их содержимого в брюшную полость с последующим развитием перитонита. Реже встречаются разрывы печени и селезенки, которые большей частью сопутствуют разрывам кишечника.

8.8.3. Клиника

В первый момент воздействия ударной волны из общих явлений отмечаются различные степени шока и сотрясения мозга. Многие чувствуют как бы удар в поясницу, сопровождающийся внезапным онемением конечностей. При этом нередко появляются позывы к мочеиспусканию и дефекации. Некоторые потерпевшие сразу теряют сознание.

Клиническая картина травмы подводной взрывной волной зависит от степени ее тяжести.

При легкой степени поражения взрывной волной пострадавшие предъявляют жалобы на общую оглушенность, головную боль, шум, звон и боль в ушах. У пострадавших определяются понижение остроты слуха, носовое кровотечение.

В тяжелых случаях повреждения происходят травмы органов головного мозга, грудной клетки, брюшной полости и переломы костей.

При повреждениях легких отмечаются боли в груди, частое поверхностное дыхание с резко затрудненным выдохом, кашель с пенистой кровавистой мокротой, частый слабый пульс, падение артериального давления. Возможна остановка дыхания продолжительностью от нескольких секунд до минуты в результате раздражения блуждающего нерва.

При повреждении кишечника имеются резкие боли в животе, тошнота, бледность кожных покровов, сухость языка, частый пульс, низкое артериальное давление, поверхностное дыхание, напряжение брюшной стенки, болезненность при прощупывании живота, вздутие тонкого кишечника и отсутствие его перистальтики. Ригидность брюшных мышц может быть выражена весьма резко, в частности при ретроперитонеальных кровоизлияниях, даже в отсутствие нарушения целостности кишечной стенки или повреждения паренхимы внутренних органов. В случаях разрыва желудочно-кишечного тракта рентгенологическое исследование обнаруживает картину пневмоперитонеума.

При переломах костей конечностей, позвоночника и таза отмечают характерный болевой синдром, деформации и кровоизлияния в области поражения. Возможно развитие травматического шока и парезов или параличей.

В очень тяжелых случаях дыхание не восстанавливается и наступает смерть от удушья. При этом нарушения деятельности сердечно-сосудистой и центральной нервной систем носят вторичный характер и обусловлены повреждением легких и газовой эмболией.

Циркуляторные нарушения проявляются брадикардией вплоть до временной остановки сердца. Расстройства центральной нервной системы сопровождаются головной болью, заторможенностью, нарушением деятельности анализаторов. Они вызываются расстройством кровообращения и эмболией мозговых сосудов.

Прогноз при поражениях желудочно-кишечного тракта менее благоприятен, чем при наличии легочных повреждений. Гибель пострадавшего может быть следствием остановки дыхания, но в большинстве случаев является результатом циркуляторных нарушений, артериальной газовой эмболии, тяжелых повреждений желудочно-кишечного тракта и органов брюшной полости или развившейся как осложнение бронхопневмонии.

8.8.4. Оказание помощи и лечение

Оказание помощи пострадавшему водолазу зависит от характера и степени травмирующего воздействия взрывной волной.

При легких травмах взрывной волной (шум и звон в ушах, понижение остроты слуха, носовое кровотечение) изменения в органах пострадавшего носят обратимый характер и поэтому специального лечения не требуют. Они проходят в течение 1-2 дней. Первая помощь в этом случае после подъема пострадавшего на поверхность заключается в остановке носового кровотечения (см. приложение 18), предоставлении постельного режима, согревании и назначении анальгина по 0,5 г 3 раза в день.

При тяжелых травматических повреждениях подводной взрывной волной (травмах органов головного мозга, грудной клетки, брюшной полости, переломах костей) медицинская помощь оказывается также, как и при других производственных или бытовых травмах. Проводятся противошоковые мероприятия, временная остановка кровотечения, ре-

анимационное пособие при остановке дыхания и сердечной деятельности, наложение асептических повязок, транспортная иммобилизация и другие виды помощи по показаниям.

Для оказания квалифицированной и специализированной помощи пострадавшего с тяжелыми повреждениями доставляют в лечебно-профилактическое учреждение в сопровождении врача (фельдшера) и водолаза, допущенного к медицинскому обеспечению. При наличии осложнений травмы подводной взрывной волной проводится лечение в соответствии с симптоматикой и тяжестью их проявления. Повреждения полых и паренхиматозных органов брюшной полости требуют оперативного вмешательства.

При осложнении травмы легочной ткани газовой эмболией или появлении баротравмы легких медицинская помощь пострадавшему оказывается в барокамере с проведением лечебной рекомпрессии, как при баротравме легких, по 2-му или 3-му режимам в соответствии с п. 8.3.6.

8.8.5. Предупреждение

Для предупреждения травматических повреждений водолаза взрывной волной водолазные спуски не должны проводиться на расстоянии от взрыва: при массе заряда до 50 кг — 500 м, при массе заряда более 50 кг — 1000 м.

Необходимо принимать все меры безопасности при проведении подводных взрывных работ, предусмотренные «Межотраслевыми правилами по охране труда при проведении водолазных работ», ч. I.

Повреждения от подводного взрыва могут быть уменьшены при использовании вентилируемого снаряжения (защита верхней части туловища воздушной подушкой) или защитной одежды из пористого материала (типа неопрена), закрывающей грудь и живот. Экранирование металлическим листом является неэффективным, поскольку ударная волна проходит через него, ослабляясь не более чем на 5—15 %. Более хорошей преградой служит деревянный экран, не пропитанный водой. Оптимальной, но не полной защитой может послужить специальный защитный экран из материалов, содержащих большое количество мелких пузырьков воздуха. Значительное увеличение взрывостойкости может быть достигнуто путем защиты таким экраном брюшной полости, груди и части спины водолаза.

При поступлении водолазу, находящемуся на поверхности воды, сигнала о возможной опасности подводного взрыва ему необходимо перейти либо полностью в водную, либо (что предпочтительнее) в воздушную среду.

Если к моменту взрыва водолаз не может выйти из воды, то необходимо стремиться быть ближе к поверхности, расположить свое тело вдоль линии направления взрыва ногами к нему, при возможности защитить руками живот и грудь от прямого воздействия ударной волны и путем усиленной вентиляции скафандра окружить тело стеной из воздушных пузырьков.

8.9. Азотный наркоз

8.9.1. Определение

Под азотным наркозом (наркотическим действием азота) понимается патологическая реакция организма, связанная с действием повышенного парциального давления азота во вдыхаемом воздухе или ДГС и характеризующееся изменениями высшей нервной деятельности.

Выраженное наркотическое действие азота в водолазной практике встречается при использовании для дыхания сжатого воздуха на глубинах более 60 м.

8.9.2. Историческая справка

Долгое время в науке господствовало представление о том, что азот является физиологически индифферентным газом, хотя практика водолазного дела и кессонных работ накопила случаи необычного поведения людей и животных в условиях повышенного давления воздуха.

Первое сообщение о действии сжатого воздуха на организм человека было сделано в 1820 г. швейцарским врачом Колладоном, который отмечал у водолазов возбуждение, напоминающее опьянение. Французский врач Т.Жюно (1835) сообщил, что при дыхании сжатым воздухом «функции мозга активизировались, фантазия оживлялась, мысли имели необычное очарование, у некоторых возникали симптомы интоксикации». В 1861 г. Дж.Б.Грин описал состояние сонливости у водолаза с наличием галлюцинаций и ухудшением умственной деятельности, что потребовало немедленного возвращения на поверхность.

П.Бер (1878) на основании результатов исследований на животных и растениях в условиях сжатого воздуха пришел к заключению, что основным вредным компонентом сжатого воздуха является кислород, к действию которого наиболее чувствительна нервная система. Он высказал гипотезу о полной физиологической индифферентности азота, которая просуществовала несколько десятков лет. Под впечатлением исследований П.Бера подобные расстройства истолковывались различными исследователями (Качановский П.С., 1881; Храбростин М.Н., 1903; Хилл Л., Гринвуд М., 1906, и др.) либо как следствие токсического действия кислорода, либо как результат неустойчивости психической сферы водолазов.

При освоении глубин более 60 м появились сообщения отдельных специалистов водолазного дела и врачей, обеспечивающих спуски (Даман Дж.С., 1930; Хилл Л., Филиппс Э., 1932, и др.), об изменении самочувствия и поведения у водолазов: ухудшении работоспособности, ослаблении самоконтроля, нарушении памяти и логического мышления, потере сознания и др. Л.Хилл и Э.Филиппс впервые сделали заключение о том, что причиной наркотического эффекта является азот. При проведении спасательных работ на затонувшей на глубине 72 м американской подводной лодке «Сквалус» в 1935 г. некоторые водолазы не смогли выполнить самые простые задания. Кроме того, один во-

долаз потерял контроль за объемом воздуха в снаряжении и всплыл на поверхность, а другой водолаз потерял сознание. А.Р.Бенке, Р.М.Томсон и Е.П.Мотли (1935) установили, что у испытуемых в барокамере под давлением воздуха 4 кгс/см² возникала эйфория, наблюдались замедление реакции на зрительные, слуховые, обонятельные и тактильные раздражения, а также нарушение координации движений. В 1939 г. М.П.Бресткин, Б.Д.Кравчинский, К.А.Павловский и С.П.Шистовский обнаружили выраженное токсическое действие сжатого воздуха при водолазных спусках на глубину 100 м и более. У водолазов возникало возбуждение, подобное опьянению при приеме алкоголя, а затем появлялись помутнение сознания и зрительные галлюцинации. Дальнейшие наблюдения наркотического действия азота на животных провели Л.А.Орбели, М.П.Бресткин, Б.Д.Кравчинский, К.А.Павловский и С.П.Шистовский. Они установили, что азот при повышенном давлении угнетает высшие отделы ЦНС и вызывает возбуждение нижележащих отделов мозга (промежуточного, среднего, продолговатого и спинного). Слюноотделение, расширение зрачков и взъерошенность шерсти животных расценивались ими как результат возбуждения вегетативной нервной системы. Впервые полный азотный наркоз холоднокровных животных (огненных саламандр, тритонов и лягушек) был получен в 1923 г. К.Мейером и Г.Гопфом, а теплокровного животного (белой мыши) - в 1939 г. Н.В.Лазаревым. Физиологическое действие азота на организм человека и животных оценивалось также в исследованиях А.Бенке и соавт. (1935, 1939), Дж.Бина (1947, 1950), Г.Л.Зальцмана (1961, 1968), П.Беннетта (1975), В.В.Смолина, К.М.Рапопорта, Г.А.Кучук (1968), А.Ю.Следкова (1995, 1999) и др.

Теория физиологического действия неэлектродитов, к которым относятся азот, водород и инертные газы, была разработана К.Мейером (1937) и Н.В.Лазаревым (1937, 1938, 1940, 1941). Эта теория основывается на закономерности, выявленной Г.Мейером (1899) и Е.Овертоном (1901), что всякое вещество, инертное в химическом отношении, нерастворимое в жирах и липоидах, является наркотиком. Азот в жирах и липоидах растворяется хорошо (в 5,24 раза лучше, чем в воде). Расчеты, выполненные Н.В.Лазаревым (1943), показали, что азот является сильным наркотиком, по силе наркотического действия превосходящим этиловый спирт и стоящим близко к этиловому эфиру. Было установлено (Лазарев Н.В., 1941; Сапов И.А., Карев И.С., 1971; Беннетт П.Б., 1975), что, чем больше относительная молекулярная масса индифферентного газа и чем больше он адсорбируется на мембранах, тем более выраженным является его наркотический эффект.

8.9.3. Этиопатогенез

Азот, как известно, относится к числу метаболически индифферентных газов, так как он не вступает в организме в химические реакции. При нормальном атмосферном давлении он является нейтральным газом для организма.

При повышенном парциальном давлении азот вызывает ряд биологических ответных реакций организма, которые могут быть компенсаторными (приспособительными) и патологическими, а по своему характеру сходными с действием на организм алкоголя. На основании сходства проявления биологического действия азота с влиянием на организм человека наркотиков действие азота квалифицируется как наркотическое. С физиологической точки зрения хирургический наркоз (общая анестезия) — это искусственно вызванная реакция биологической системы, которая характеризуется общим обратимым угнетением функций, основным субстратом которых является ЦНС. С другой стороны, известно, что индифферентные газы, в том числе азот, при большом напряжении в тканях организма вызывают морфологические изменения, которые рассматриваются как результат его токсического действия. Поэтому нередко действие азота характеризуют не как наркотическое, а как токсическое.

В результате исследований высшей нервной деятельности человека при действии на организм повышенного парциального давления азота было установлено, что азот является наркотиком I типа, вызывающим в первую очередь качественные нарушения высших, самых сложных реакций, а также снижение показателей динамики более примитивных реакций.

Наркотическое действие азота, как и большинства наркотических веществ, проявляется в двух фазах: вначале наступает возбуждение, которое затем сменяется угнетением функций центральной нервной системы. В зависимости от величины парциального давления азота и индивидуальной чувствительности к его воздействию азотный наркоз у человека условно можно разделить на три стадии: начальную, или скрытую, стадию неполного наркоза и стадию общего наркоза. Каждая стадия характеризуется определенным функциональным состоянием центральной нервной системы и соответствующими внешними проявлениями.

ГЛ.Зальцман (1968) свел общие реакции организма к функциональному состоянию центров нервной системы в последовательные стадии развития наркотической реакции, что представлено в табл. 29.

Общий характер наступающих в организме сдвигов при наркотическом действии азота проявляется в понижении тонуса коры головного мозга и растормаживании подчиненных функциональных систем. Начальные сдвиги выявляются при исследовании словесных реакций сложной умственной деятельности, сенсорных и двигательных реакций. В стадии частичного наркоза начинается функциональная декомпенсация регуляторных механизмов высших функций. При этом происходит генерализация наркотического торможения на корковые процессы. Основной чертой третьей стадии наркотической реакции азота является общая генерализация наркотического торможения во всех отделах центральной нервной системы с потерей сознания.

Для объяснения наркотического влияния азота на организм человека существует несколько точек зрения. По мнению одних авторов, наркотическое действие азота является следствием нарушения проницаемости мембран нервных клеток за счет адсорбции на их поверхности

Таблица 29. Общие реакции организма и состояние ЦНС
в последовательные стадии гипербарического наркоза

Стадии гипербарического наркоза	Общие реакции организма	Функциональное состояние ЦНС	Соответствующие стадии клинического наркоза
I, начальная (компенсаторная)	У человека: Словесные реакции – выраженные количественные и начальные качественные сдвиги. Сложные двигательные реакции – умеренные количественные и начальные качественные изменения. Простые двигательные реакции, вегетативные реакции – сохранение нормальной регуляции. У животных: Двигательное возбуждение, начальное растормаживание высших специализированных реакций.	Подавление исходной активности, общий сдвиг в сторону быстрых частот с последующим доминированием бетаритмов. Диссоциация активности в разных отделах мозга. Формирование одиночных, временных очагов гиперсинхронной медленной активности разных структурах.	I
II, стадия неполного наркоза	У человека: Словесные реакции – прогрессирующие срывы и нарушения. Сложные двигательные реакции – нарастающие срывы и нарушения. Простые двигательные реакции, вегетативные реакции – начальные нарушения. У животных: Дискоординация, генерализованные гиперкинезы.	На фоне увеличенной быстрой активности формирование стойких и множественных очагов гиперсинхронной медленной активности преимущественно в мезодиэнцефальных отделах, тенденция к генерализованной медленной активности.	II
III, стадия общего наркоза	У человека: Потеря сознания, наркотический сон. У животных: Генерализованная депрессия, боковое положение.	Во всех отделах мозга – генерализованная медленная активность на основе местной и дистантной синхронизации биопотенциалов.	III ₁ – III ₄

молекул азота, что в конечном итоге приводит к снижению интенсивности обмена веществ в клетках. Другие считают, что азот под большим давлением оказывает тормозящее действие на передачу импульсов по всем синапсам нервной системы. Специальными электроэнцефалографическими исследованиями было показано, что наркотики I типа, к которым относится и азот, подавляют в первую очередь активность ретикулярной формации без нарушения классических афферентных путей, вследствие чего ослабляется функция коры головного мозга.

Наркотическое действие азота может усиливаться при воздействии на организм высокой или низкой температуры воды, приводящей соответственно к перегреванию или переохлаждению организма, при выполнении тяжелой физической работы под водой, а также при наличии во вдыхаемом воздухе примеси углекислого газа, окиси углерода или окислов азота более допустимых величин.

8.9.4. Клиника

Первые клинические проявления азотного наркоза обнаруживаются при давлении воздуха около 4 кгс/см^2 (на глубине спуска 40 м) и выражаются в появлении у человека состояния, сходного с легким алкогольным опьянением (приподнятое настроение, беспричинная веселость, излишняя болтливость, неуверенность в движениях и т.д.). При психологических исследованиях уже при 2 кгс/см^2 несколько уменьшается скрытый период реакции на световой и звуковой сигналы, а при 4 кгс/см^2 незначительно уменьшается время простой сенсомоторной реакции. До 2 кгс/см^2 электроэнцефалограмма не изменяется, а до 4 кгс/см^2 изменяется незначительно. На электромиограмме при 4 кгс/см^2 отмечается увеличение амплитуды мышечных потенциалов и длительности реакций.

При окружающем давлении воздуха 6 кгс/см^2 эти явления становятся более отчетливыми, но большинство водолазов еще продолжают сохранять общее хорошее самочувствие и почти нормальную работоспособность.

При давлениях воздуха порядка 8 кгс/см^2 чувство опьянения становится весьма сильным: появляется отчетливое нарушение координации движений (движения становятся неточными, неуверенными). Нарушается общая ориентировка, снижаются сообразительность и сознательный контроль за своими действиями. Некоторые водолазы при этом давлении воздуха под водой становятся практически неработоспособными - неточно выполняют задания, а иногда и вовсе не осознают, что делают. В ряде случаев водолаз перестает правильно выполнять действия по использованию водолазного снаряжения, в результате чего с ним может произойти авария (запутывание, выбрасывание на поверхность и т.п.).

При давлении воздуха 10 кгс/см^2 наркотическое действие азота становится настолько сильным, что большинство водолазов не в состоянии выполнять целенаправленную работу под водой. Как правило, у нетренированных к воздействию повышенного давления азота людей на глубине 100 м развивается глубокое расстройство координации движений, полностью нарушается ориентировка по месту и времени, утрачивается сообразительность, появляются зрительные и слуховые галлюцинации.

При давлении воздуха более 10 кгс/см^2 азотный наркоз проявляется в потере сознания и глубоком сне.

По мере повышения давления воздуха от 6 до 10 кгс/см^2 отмечается прогрессивное ухудшение показателей кратковременной, оперативной и долговременной памяти, умственной работоспособности и координации движений. На ЭЭГ при увеличении давления от 4 до 8 кгс/см^2 отмечается снижение индекса и амплитуды альфа-волн с постепенным замещением их бета-колебаниями, а при давлении 10 кгс/см^2 наступают депрессия основного ритма ЭЭГ и замещение его низкоамплитудными медленными колебаниями.

При декомпрессии явления наркотического действия азота быстро уменьшаются и полностью проходят без остаточных явлений при отсутствии каких-либо лечебных мероприятий.

8.9.5. Оказание помощи

Наркотическое действие азота, как правило, не требует специального лечения, так как при спусках на глубины до 60—80 м оно не представляет опасности для здоровья человека ни в период его проявления, ни в более отдаленные сроки. Опасность для водолаза представляют аварийные действия, которые он может совершать, находясь в наркотическом состоянии. Поэтому при появлении у водолаза признаков наркотического действия азота (неадекватное поведение, беспричинный смех, нарушение правил использования снаряжения, необоснованный отказ от выполнения указаний руководителя спуска и др.) необходимо прекратить дальнейшее пребывание водолаза на грунте и начать подъем его на поверхность с соблюдением режима декомпрессии.

8.9.6. Профилактика

Предупреждение азотного наркоза в водолазной практике достигается путем ограничения максимальной глубины спуска, которая для большинства водолазов при использовании для дыхания сжатого воздуха составляет 60 м, а для наиболее опытных водолазов при необходимости проведения спусков в аварийной ситуации — 80 м.

При допуске к спускам водолазный врач должен также учитывать индивидуальную чувствительность каждого водолаза к наркотическому действию азота.

Водолазы, имеющие повышенную чувствительность, могут допускаться к спускам под воду при дыхании сжатым воздухом на глубины не более 45 м. Поскольку у водолазов при проведении систематических спусков под воду с использованием для дыхания сжатого воздуха наступает адаптация к наркотическому действию азота, водолазы в межспусковой период должны проходить тренировочные спуски в барокамере под давлением до 80 м вод.ст. Водолазные врачи (фельдшера), а также водолазные специалисты и водолазы, допущенные к медицинскому обеспечению водолазных спусков, должны проходить тренировки под давлением 100 м вод.ст. 1-2 раза в месяц для поддержания готовности к оказанию заболевшему водолазу медицинской помощи в условиях повышенного давления.

При работе водолазов под водой в вентилируемом снаряжении особое внимание должно обращаться на расход воздуха для вентиляции скафандра (не менее 80-120 л/мин сжатого газа), поскольку при недостаточной вентиляции в скафандре может накапливаться высокая концентрация углекислого газа, которая усиливает наркотическое действие азота.

8.10. Отравление кислородом

8.10.1. Определение

Отравление кислородом представляет собой патологическое состояние организма, развивающееся в результате воздействия на него повышенного парциального давления кислорода и проявляющееся в нарушении функций центральной нервной системы, эндокринной, дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Отравление кислородом может проявляться в судорожной, легочной или сосудистой форме.

8.10.2. Историческая справка

Первые сообщения о некоторых сторонах отрицательного действия повышенного парциального давления кислорода на организм были сделаны еще во времена АЛавуазье. КДюма (1793) и А.Фуркруа (1797) ежедневно в течение 12 ч держали собак в атмосфере чистого кислорода, что приводило к возникновению у них пневмонии. В 1873 г. И.Р.Тарханов установил различие в действии высоких парциальных давлений кислорода на целостный организм и на изолированные его ткани, что способствовало формированию представлений о механизме отравления кислородом. Через 100 лет после первых сообщений о токсическом действии кислорода на легкие Лоррэн Смит (1897-1898) подробно исследовал воздействие относительно небольших (досудорожных) величин парциального давления кислорода на легочную ткань. Он проводил опыты на мышцах и наблюдал кровоизлияния, гиперемии и отек легких после пребывания животных в сжатом кислороде в течение нескольких часов и установил, что срок появления изменений в легких и гибель животных зависят от величины парциального давления кислорода. Эта форма отравления кислородом получила название «эффекта Л.Смита».

Наиболее обстоятельно и всесторонне токсическое действие кислорода на живые организмы было изучено Полем Бером (1873, 1878). В результате многочисленных опытов П.Беру удалось показать, что клинические проявления и продолжительность жизни животных при кислородной интоксикации зависят от величины парциального давления кислорода и времени его действия на организм. Он доказал, что при повышенном давлении кислород является ядом хроноконцентрационного действия. Так, например, им экспериментально было показано, что теплокровные животные в среде чистого кислорода при давлении 1—3 абс. кгс/см² погибают через несколько десятков часов. При давлении кислорода свыше 3 абс. кгс/см² у собак, кроликов и воробьев через короткое время (измеряемое единицами и десятками минут) развиваются судороги, которые в зависимости от величины давления и длительности воздействия могут закончиться гибелью животных. Открытую П.Бером судорожную форму отравления кислородом называют «эффектом П.Бера».

В дальнейшем проводилось подробное изучение действия на организм животных и человека повышенного парциального давления кислорода как в нашей стране, так и за рубежом. В нашей стране эти исследования были сосредоточены в Военно-морской медицинской академии и Военно-медицинской академии (Сапов И.А., Жиронкин А.Г., Панин А.Ф., Сорокин П.А., Фокин А.П., Мясников А.П., Лотовин А.П. и др.) и в 40-м ГосНИИ МО (Александров И.А., Смолин В.В., Зальцман Г.Л., Тюрин В.И. и др.).

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что токсическое действие повышенного парциального давления кислорода проявляется как на уровне всего организма в целом, так и на системном, клеточном, субклеточном и молекулярном уровнях. В целом организме повышенное парциальное давление кислорода вызывает развитие общего адаптационного синдрома, на что указывает активация симпатоадреналовой системы (Жиронкин А.Г. и соавт., 1956; Граменицкий П.М., Сорокин П.А., 1964; Bean J., 1965). Системные физиологические реакции организма на повышение парциального давления кислорода развиваются главным образом со стороны нервной системы, системы дыхания и сердечно-сосудистой системы (Kety S., Schmidt C., 1948; Сапов И.А., 1952, 1953; Lambertsen C., 1965; Жиронкин А.Г., 1972; Селивра А.И., 1974; Петровский Б.В., Ефуни С.Н., 1976).

8.10.3. Этиопатогенез

В водолазной практике отравление кислородом может наступить при продолжительных спусках под воду в любом водолазном снаряжении или в барокамере при дыхании сжатым воздухом, искусственной ДГС или кислородом, когда парциальное давление кислорода будет превышать $0,5 \text{ кгс/см}^2$. Однако наиболее часто отравление кислородом в водолазной практике встречается при использовании для спусков под воду кислородного снаряжения.

Дыхание чистым кислородом или газовыми смесями с повышенным парциальным давлением кислорода (в частности, 40 % КАС) приводит к увеличению его напряжения в артериальной крови за счет полного насыщения гемоглобина кислородом и избыточного растворения в плазме. При дыхании кислородом на каждую атмосферу избыточного давления происходит увеличение физически растворенного кислорода на $2,14 \text{ см}^3$ в 100 мл крови. Увеличение напряжения кислорода в тканях и в клетках организма при одновременном уменьшении концентрации восстановленного гемоглобина приводит в конечном счете к повышению концентрации водородных ионов и к развитию ацидоза.

Патоморфологические реакции на токсическое действие кислорода могут проявиться в трех формах: судорожной, легочной и сосудистой.

В каждой форме отравления кислородом можно выделить 3 стадии:

- дотоксическую стадию, при которой проявляются преимущественно компенсаторные реакции, направленные на уменьшение чрезмерного поступления кислорода через легкие в кровь и с кровью к тканям;

- предтоксическую стадию, когда наряду с частичной компенсацией отчетливо проявляются декомпенсаторные реакции;
- токсическую стадию, при которой наступают полный срыв компенсаторных реакций, функциональные и морфологические нарушения отдельных структур организма, что может привести к гибели.

При дотоксических величинах парциального давления кислорода организм реагирует на гипероксию сдвигами функций различных органов и систем, что рассматривается как физиологическое действие кислорода. Наибольшие функциональные изменения наступают в центральной нервной системе, газообмене, системе крови, кровообращении и дыхании. Эти изменения являются приспособительными реакциями, направленными на ограничение поступления кислорода в организм. Влияние гипероксии на нервную систему носит двухфазный характер. В первой фазе ощущается улучшение самочувствия и памяти, улучшаются психофизиологические возможности скорости восприятия и переработки информации, отсутствуют нарушения сложных форм умственной деятельности и тонкой координации движений.

Предтоксическая стадия может наступить после часовой экспозиции в газовой среде с повышенным парциальным давлением кислорода. Она начинается с наступления фазы торможения корковых функций, при которой отмечаются ухудшение тонкой координации движений и внимания, увеличение количества профессиональных ошибок. Указанные изменения функций центральной нервной системы являются следствием неспецифического активирования подкорковых образований головного мозга (стволового, рострального, гипоталамического и стриарного отделов) и рассматриваются как показатели усиления процессов внутреннего торможения с повышением тонуса коры больших полушарий в первой фазе и последующим подавлением ее активации во второй фазе.

Токсическая стадия проявляется клинической картиной судорожной, легочной или сосудистой формы отравления кислородом.

При кратковременных экспозициях в условиях гипероксии снижается газообмен, уменьшаются частота дыхания и объем легочной вентиляции. При длительном дыхании кислородом происходит учащение ритма дыхания, увеличение легочной вентиляции и снижение жизненной емкости легких. В условиях гипероксии отмечаются уменьшение содержания гемоглобина, количества эритроцитов, увеличение количества лейкоцитов и лимфоцитов Т, аТ и В. При длительной гипероксии происходит угнетение гемопоэза и свертывающей системы при активации противосвертывающей системы крови. Со стороны сердечно-сосудистой системы отмечаются урежение частоты пульса, удлинение интервала Р—Q, укорочение времени Q—Т, увеличение волны Т электрокардиограммы. Указанные изменения связаны с повышением тонуса блуждающего нерва. Систолическое давление, как правило, не изменяется или незначительно повышается, а диастолическое обычно повышается.

Под влиянием гипероксии происходит сужение кровеносных сосудов сетчатки глаза, головного мозга, почек и кожных покровов тела. Уменьшение центрального, коронарного и почечного кровотока рассматри-

вается как защитная реакция организма на повышение напряжения кислорода в крови. При длительном пребывании в условиях повышенного парциального давления кислорода урежение пульса сменяется учащением, что свидетельствует о начавшемся отравлении кислородом.

Судорожная форма отравления кислородом наступает в случаях, когда водолаз в снаряжении дышит чистым кислородом на глубине 20 м и более или газовой смесью, в которой парциальное давление кислорода составляет 2,5–3,0 кгс/см² и выше. В условиях барокамеры судорожная форма отравления кислородом может возникать у водолазов в процессе кислородной декомпрессии под давлением 20—10 м вод.ст. Отравление кислородом возможно также при спуске в водолажном снаряжении с полужамкнутой схемой на глубины более 20 м в случае попадания воды в негерметичный регенеративный патрон, заряженный регенеративным веществом, что приводит к бурному выделению кислорода.

Судорожная форма отравления кислородом усиливается при наличии в дыхательной газовой смеси или кислороде углекислого газа, при выполнении тяжелой физической работы, а также при переохлаждении и перегревании. Отчетливое неблагоприятное влияние на характер и течение кислородных судорог оказывает повышенное парциальное давление водорода, азота, гелия и аргона. Степень усиления токсичности кислорода в присутствии индифферентных газов находится в прямой зависимости от плотности (молекулярной массы) последних. При больших величинах парциального давления азота судороги обычно кратковременны и носят тонический характер.

Вопросы патогенеза судорожной формы отравления кислородом изучаются у нас и за рубежом около 100 лет. Однако механизмы возникновения и развития кислородной эпилепсии до сих пор недостаточно выяснены. П.Бер (1878) причиной кислородных судорог считал накопление ядовитых веществ в организме вследствие нарушения обменных процессов. Эти токсины, по его мнению, действуют на нервную систему, в частности на спинной мозг, и вызывают судороги, сходные с судорогами при столбняке, эпилепсии, а также при отравлении стрихнином или карболовой кислотой.

По мнению Р.Гезелла (1923), судороги и другие признаки отравления кислородом обусловлены накоплением углекислоты в тканях организма вследствие того, что в условиях гипероксии весь гемоглобин в артериальной и венозной крови циркулирует в виде оксигемоглобина, который не участвует в транспорте углекислоты от тканей к легким. Тканевое дыхание в этом случае осуществляется только за счет растворенного в плазме кислорода. В настоящее время гипотеза Р.Гезелла признана несостоятельной, так как существенного увеличения углекислоты в крови и тканях животных в условиях гипероксии не происходит.

С.И.Прикладовицкий (1940) экспериментально установил, что перееливание крови от животных (кроликов, собак), у которых под давлением кислорода 8 кгс/см² развиваются судороги, животным-реципиентам судорог у них не вызывает. На этом основании он считал неверной гипотезу П.Бера об образовании токсических продуктов в крови и тка-

нях при гипероксии и обосновал положение о непосредственном гуморальном механизме действия кислорода на клетки коры головного мозга. Напряжение кислорода в тканях головного мозга, при котором возникают судороги у животного, С.И.Прикладовицкий называл пороговым. Однако специальными исследованиями было установлено, что судороги у животного могут возникать не только в период наличия высокого парциального давления кислорода, но и через некоторое время после его действия (например, под влиянием яркого света, сильного звука), когда парциальное давление кислорода в клетках мозга значительно ниже порогового.

В последние годы накоплен большой экспериментальный материал, свидетельствующий о нарушении при кислородном отравлении важнейших дыхательных ферментных систем, принимающих участие в аэробной и анаэробной фазах окислительных процессов в организме. При действии повышенных парциальных давлений кислорода на организм снижается активность ангидразы, сукциндегидразной системы, нарушается цитохромная система, меняется активность угольной ангидразы в мозгу и крови, инактивируются ферменты, содержащие сульфгидрильную группу (-SH). Эти изменения вызывают значительные нарушения со стороны углеводного, белкового и жирового обмена.

Поданным исследований И.А.Сапова (1952), причиной кислородных судорог является возникновение разлитого торможения в коре головного мозга и выход из-под ее контроля подкорковых образований, сопровождающийся «взрывом» возбуждения подкорковых отделов центральной нервной системы. Многие авторы (Жиронкин А.Г., 1940; Алексеев В.А., 1950; Сапов И.А., 1952; Зилов Г.И., 1953, и др.) главное место в развитии кислородных судорог отводили не непосредственному, а рефлекторному механизму действия кислорода на центры головного мозга через рецепторы сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

С целью изучения механизма развития судорожной формы токсического действия кислорода рядом авторов (Зальцман ГЛ., 1961; Зальцман ГЛ. и соавт., 1968, 1979; Савич А.А., 1968; и др.) были проведены специальные биоэлектрические исследования на животных, позволившие сопоставить поведенческие реакции животного и биоэлектрическую активность различных отделов головного мозга в последовательных стадиях развития кислородной эпилепсии. Исследования проводились на белых мышах, кроликах и собаках, находящихся в барокамерах в полуживом состоянии с предварительно вживленными электродами в моторную, сенсорную и затылочную области коры головного мозга, в миндалины, гиппокамп, головку хвостатого ядра, скорлупу, бледный шар, ядра таламуса, вентролатерального и медиального гипоталамуса, ретикулярную формацию, отделы моста и покрышки среднего мозга. Полученные данные позволили авторам установить соотношение общей реакции организма и функционального состояния центров головного мозга в гипербарической кислородной среде в различные стадии кислородной эпилепсии. Эти данные представлены в табл. 30.

Таблица 30. Общая реакция организма и состояние ЦНС
в последовательные стадии кислородной эпилепсии
(по Зальцману ГЛ., 1979)

Стадии кислородной эпилепсии	Общая реакция организма	Функциональное состояние центров нервной системы
Начальная и компенсатор- ная стадии	Сохранение нормальной регуляции вегетативных и соматических функций, накопление скрытых сдвигов в различных системах, развитие приспособительных реакций	Общее неспецифическое активирование отделов мозга, их функциональное разобщение. Формирование одиночных нестойких очагов гиперсинхронной судорожной активности
Предсудоро- жная	Нарушение регулирования вегетативных и соматических функций. Появление начальных клинических симптомов действия повышенного давления кислорода	Появление стойких множественных очагов судорожной активности в мезодиэнцефальных отделах, одномоментная или постепенная генерализация судорожной активности в другие отделы мозга
Судорожная	Приступы генерализованных клонико-тонических гиперкинезов по типу большого судорожного припадка	Глобальная генерализация судорожной активности на основе местной синхронизации биопотенциалов

Патологическая реакция организма, формирующаяся в гипербарической кислородной среде, рассматривается указанными авторами как проявление процесса развития общего центрального патологического возбуждения, вызванного действием на мозг растворенного кислорода. Для него характерны ослабление связей между отделами мозга и их функциональная разобщенность. В итоге формируются очаги гиперсинхронной судорожной активности — показателя «местной» синхронизации активности возбужденных нейронов, их функционального выключения из целостной деятельности мозга. В дальнейшем наступает генерализация судорожной активности по всем отделам мозга, в силу чего мозг начинает работать в едином регулярном синхронном ритме как недифференцированная «слитная» система, интегрированная на низком уровне организации. О патологии указанного состояния мозга свидетельствует не само наличие на ЭЭГ гиперсинхронной спайковой активности, которая может встречаться и при нормальной деятельности мозга, а всеобщая глобальная синхронизация низкочастотной активности, не свойственная нормальной деятельности мозга. Глобальная синхронизация потенциалов биоэлектрической активности приводит к нарушению избирательной центральной регуляции подчиненных соматических и вегетативных функций, что проявляется в форме генерализованной депрессии. При такой форме реакции нарушается нормальное уравнивание организма со средой.

Организация глобальной синхронизации потенциалов биоэлектрической активности всех отделов мозга осуществляется структурами мезодиэнцефального уровня, которая наступает вследствие «высвобождения» из-под контроля вышестоящих центров.

Изучение функционального состояния различных типов нейронов в разных отделах мозга в последовательные стадии развития кислородной эпилепсии показало, что при токсическом действии кислорода развивается деполяризация нейронов, причем в начальной стадии действия кислорода нейрональные элементы, как и в норме, находятся в состоянии деполяризации, образуя ограниченные участки нейронов с одним и тем же уровнем возбуждения. В завершающей стадии генерализованных судорог нейрональные элементы мозга находятся только в состоянии деполяризации, охватывая практически весь мозг.

А.И.Селивра (1978) привел новые данные, подтверждающие представления Л.А.Орбели (1961) и А.В.Войно-Ясенецкого (1958) об эволюционной обусловленности эпилептического симптомокомплекса при гипероксии. Им было установлено, что нейрофизиологический механизм нарушения системных приспособительных реакций в условиях гипероксии заключается в появлении эволюционно более ранних форм реагирования, проявляющихся в синдроме судорожной готовности. Основными компонентами этого синдрома являются усиление местной и дистантной синхронизации биопотенциалов мозга, торможение внешнего дыхания, брадикардия и увеличение кровенаполнения мозга.

Установлено, что прекращение судорожного припадка происходит в результате мобилизации активных механизмов торможения, а не энергетического истощения (Иванова Т.И., Рубель Л.Н., 1969; Селивра А.И., 1974).

Относительно механизма действия повышенного давления кислорода на внутриклеточные процессы единого мнения не достигнуто. Наиболее вероятные пути воздействия кислорода, приводящие к деполяризации нейрональных мембран, сводятся к повреждению или нарушению функций мембраны, снижению энергетического обеспечения ионного насоса, повышению продукции медиаторов. Повреждение или нарушение функций нейрональных мембран является следствием непосредственного химического действия кислорода как на их липидные, так и на белковые компоненты. Считается, что кислород вызывает окисление ненасыщенных жирных кислот и образование липидных перекисей и свободных радикалов в условиях гипербарической кислородной среды. Воздействие кислорода на белковые компоненты мембраны связывают с окислением сульфгидрильных групп. Изменения мембран могут привести к видимым изменениям ультраструктуры нейронов, что подтверждается данными о дегенерации нейрональных митохондрий у животных, подвергнутых действию повышенных давлений кислорода. В литературе имеется множество сообщений о том, что связанные с мембраной активные транспортные системы имеют тенденцию к инактивации под влиянием кислорода. Инактивация транспортной системы мембраны клеток головного мозга может привести к внеклеточному накоплению калия и солей глутаминовой кислоты. Оба эти эффекта могут усилить возбудимость нейронов и в конечном счете ускорить развитие судорог, так как калий является деполяризующим агентом, а соль глутаминовой кислоты усиливает проведение возбуждения по нервным волокнам.

На основании анализа данных современной литературы можно представить схему последовательности метаболических изменений в организме под воздействием гипероксии.

Вначале под влиянием увеличенного напряжения кислорода в клетках происходит усиление образования переоxygenенных анионов (свободных радикалов), перекиси водорода и, возможно, других активных веществ, таких как атомарный кислород и гидроксильный радикал, формирующих систему тканевых оксидантов. Указанные оксиданты могут повреждать мембраны клеток и внутриклеточные ферменты посредством окисления тканевых белков и липидов. В ответ на повреждающее действие оксидантов в клетках увеличивается концентрация биологических антиокислительных ферментов и повышается их активность. Быстрота, с которой гипероксия вызывает выраженные токсические проявления в любой ткани или органе, определяется взаимодействием между образовавшимися токсическими веществами и способностью антиокислительной защиты. Основным направлением механизма этой защиты является прекращение цепной реакции взаимодействия свободных радикалов с липидными компонентами клетки, которая приводит к прогрессирующему переоxygenению липидов и повреждению мембран. Указанная цепная реакция нарушается и прекращается под влиянием биологических антиокислителей, таких как витамины А, С и Е, а также восстановленного глутатиона. Витамин Е действует как антиокислитель путем принятия электрона для формирования стабильного радикала α -токоферола, который, в свою очередь, восстанавливается при взаимодействии с витамином С. Восстановленный глутатион способен принять электроны для формирования стабильных сульфидных связей. Репарация поврежденных тканей может происходить в результате восстановления их окисленных компонентов за счет глутатиона, который превращается в окисленный глутатион. Восстановление окисленного глутатиона происходит под действием пентозного шунта метаболического превращения глюкозы.

Легочная форма отравления кислородом может возникнуть при продолжительном пребывании человека под водой или в барокамере под повышенным давлением воздуха, например, при проведении лечебной рекомпрессии. Следует иметь в виду, что токсическое действие кислорода усиливается в присутствии примеси CO_2 и при повышенном парциальном давлении азота. Развитию легочной формы отравления кислородом способствуют низкая и высокая температуры, высокая (более 90 %) и низкая (менее 20 %) относительная влажность, а также тяжелая физическая работа.

Гипероксия может вызвать две формы токсического поражения легких: острую, развивающуюся при дыхании кислородом с парциальным давлением свыше $0,8 \text{ кгс/см}^2$ и первично-хроническую, возникающую при парциальном давлении кислорода $0,4\text{--}0,8 \text{ кгс/см}^2$ (Kistler G. и соавт., 1967; Жиронкин А.Г., 1972; Broussole B., 1977).

Острая форма токсического поражения легких может сочетаться с развитием судорожной формы отравления. Отчетливые проявления легочной формы отравления кислородом у человека при дыхании газовыми

смесями с парциальным давлением в них кислорода 0,4; 1,0 и 2,5 кгс/см² развиваются через 1,5—2,5 месяца, 8—16 и 3—6 ч соответственно.

По вопросу о механизме возникновения и развития патологии легких при токсическом действии кислорода существует несколько точек зрения.

Первое представление о механизме возникновения и развития легочной формы отравления кислородом было сформулировано Л.Смитом (1899). Оно сводилось к тому, что легочная патология при гипероксии возникает вследствие непосредственного поражающего действия кислорода на клетки дыхательных путей и легочных альвеол.

В более поздних исследованиях было показано, что прямое действие кислорода на изолированном участке легочной ткани в значительной степени отличается от действия в условиях целостного организма. В связи с этим были предприняты специальные исследования, направленные на решение вопроса о соотношении прямого действия кислородной среды на легочную ткань и действия, опосредованного нейрогуморальным звеном. Прямое действие кислорода было продемонстрировано в опытах К. Penrod (1958) при заполнении одного легкого кислородом, а другого индифферентным газом. Поражение легких отмечалось на оксигенируемом легком. Роль нервных и гуморальных механизмов в происхождении кислородной «пневмонии» показана многими исследователями (Сапов И.А., 1954, 1972; Bean J., 1966 и др.). Установлено, что двусторонняя блокада или перерезка блуждающих нервов усиливает поражение легких при действии кислорода, тогда как перерезка задних корешков C_{6—7} — D_{4—5} или денервация синокаротидной и аортальной зон значительно ослабляет или предотвращает развитие патологического процесса в легких. Атропинизация животных также уменьшает патологические изменения в легочной ткани. Предварительное удаление гипофиза у животных, подвергшихся повторному действию кислорода, сопровождается менее выраженным поражением легких по сравнению с контрольными животными. Введение гипофизэктомизованным животным адренокортикотропного гормона устраняет этот положительный эффект. У собак с предварительно изолированными от кровообращения надпочечниками обнаруживаются менее выраженные патологические изменения в легких при высоком парциальном давлении кислорода по сравнению с контрольными животными. Большое значение придается изменениям сурфактанта — поверхностно-активного вещества легких (Kistler G. и соавт., 1967; Shields T., 1977), ослаблению антиоксидантных систем, в частности, активности дисмутазы, глутатион-пероксидазной системы и др. (Сапо J., Tierney D., 1974).

К. Ламбертсен (1966) считает, что в основе кислородного повреждения легких лежит такое же угнетение ферментных систем, как и при других формах кислородной интоксикации, переполнение кровью легочных капилляров, иногда с кровоизлияниями и проникновением в альвеолы и просвет бронхов геморрагического экссудата.

Экссудат обычно содержит большое количество лейкоцитов и слущенных эпителиальных клеток. В межальвеолярных перегородках и в

стенках бронхов отмечается инфильтрация со скоплением лейкоцитов, по преимуществу эозинофилов. Наблюдается перерождение альвеолярного эпителия и альвеолярных мембран.

При длительном воздействии кислорода геморрагический альвеолит принимает разлитой характер и патологическим процессом охватывается все легкое, развивается уплотнение и опеченение легочной ткани. Могут возникать обширные ателектазы центральных частей и эмфизематозные поражения краевых участков.

Кратковременное воздействие кислорода при относительно высоком парциальном давлении (около 3 абс. кгс/см²) приводит к поражению легочной ткани очагового характера.

В целом процесс в легких определяется как прогрессивная дегенерация, протекающая в две фазы: полностью обратимую экссудативную и частично обратимую пролиферативную. В экссудативной фазе развиваются отек альвеол и геморрагии, идет выпотевание фибринозного экссудата, образование гиалиновых мембран и параллельно происходит деструкция эпителия и альвеолярных эпителиальных клеток. В пролиферативную фазу развиваются интерстициальный фибриноз, фибробластическая пролиферация и гиперплазия эпителиальных альвеолярных клеток. Процесс может закончиться рубцеванием легочной ткани. На субклеточном уровне определяются потеря плотности и вакуолизация матрикса, разбухание и разрыв митохондрий клеток альвеолярного эпителия. Отмечаются также увеличение свободных рибосом и расширение цистерн эндоплазматического ретикулума. Одновременно с поражением легких развивается застойное полнокровие во всех внутренних органах (головном мозге, печени, почках, железах внутренней секреции, кишечнике и др.), которое приводит к возникновению деструктивных изменений в клетках.

Сосудистая форма отравления кислородом встречается при воздействии высоких парциальных давлений кислорода, хотя отдельные случаи возникают и при его относительно небольшом парциальном давлении.

При действии на организм высокого парциального давления кислорода возникает резкое сужение^ а затем расширение кровеносных сосудов головного мозга, почек, сердца, кожных покровов, сетчатки глаз, что сопровождается резким ослаблением сердечной деятельности и развитием клинической картины, напоминающей коллапс, который может закончиться потерей сознания и смертью. Эти реакции можно рассматривать как защитные реакции организма на повышение напряжения кислорода в крови, которые могут парадоксально иметь неблагоприятные последствия.

Такая необычная реакция на гипероксию, по-видимому, отражает повышенную индивидуальную чувствительность организма к высокому содержанию кислорода.

8.10.4. Клиника

Судорожная форма отравления кислородом протекает в трех последовательных стадиях:

- стадия предвестников (предсудорожная);
- стадия судорог;
- стадия терминального состояния.

Стадия предвестников является наименее стабильным периодом в развитии судорожной формы отравления кислородом. Симптоматология этой стадии у человека обстоятельно описана различными исследователями (Дональд К., 1947; Зальцман ГЛ., 1961; Жиронкин А.Г. и соавт., 1965; Зиновьева И.Д., 1968). Характерным для предсудорожной стадии является понижение чувствительности и онемение кончиков пальцев рук и ног, а иногда верхней губы и других участков тела. Отмечается подергивание мышц губ, век и шеи. По мере усиления токсического действия кислорода появляются звон в ушах, тяжесть в голове. Определяются сужение полей зрения («туннель зрения»), учащение пульса и дыхания, повышение артериального давления. Непосредственно перед судорожным приступом можно заметить бледность лица, наличие холодного пота и непроизвольных сокращений отдельных мышц мимической мускулатуры. Стадия предвестников продолжается от нескольких минут до получаса и более. Длительность этого периода зависит от величины давления кислорода, индивидуальной чувствительности человека к гипероксии и его функционального состояния. Чем больше давление кислорода, тем короче эта стадия. На ЭЭГ отмечаются увеличение доли периодических составляющих, усиление изоритмичности, сужение спектра частот и повышение интенсивности низких частот (Зальцман ГЛ. и соавт., 1973; Селивра А.И., 1974).

Судорожная стадия характеризуется потерей сознания и внезапным наступлением судорог по типу классической эпилепсии. Судорожный припадок происходит на фоне синдрома судорожной готовности предыдущей стадии и сопровождается тахикардией, гипервентиляцией и другими признаками расстройств вегетативных систем организма. Судорожные подергивания обычно начинаются с активно функционирующих мышечных групп. Первый приступ судорог носит клонический характер и продолжается 1—2 мин. Затем наступает пауза, после которой появляется новый приступ судорог. При продолжающемся действии кислорода приступы судорог становятся более продолжительными, а промежутки покоя — более короткими. Клонические судороги переходят в тонические, и наступает опистотонус. Прекращение очередного судорожного припадка происходит так же внезапно, как и его начало. В междудорожные периоды могут появиться частое и глубокое дыхание, обильное слюноотделение, рвотные движения и рвота, выпячивание глазных яблок, расширение или сужение зрачков, брадикардия, усиленная перистальтика кишечника, непроизвольные дефекация и мочеиспускание. Повторные судорожные припадки могут возникать как во время дыхания кислородом, так и в период декомпрессии, а иногда в течение первых часов или даже суток после перехода на дыхание воздухом под атмосферным давлением (Жиронкин А.Г., 1972). Электрофизиологически судорожная стадия характеризуется глобальной генерализацией судорожной активности (пики, комплексы пик-волны и др.), охватывающей все отделы мозга. В основе этой генерализации лежит явление местной и

дистанционной синхронизации биопотенциалов мозга (Зальцман ГЛ. и соавт., 1979).

Для третьей (терминальной) стадии судорожной формы кислородного отравления характерно ослабление судорожной реакции и появление расстройств дыхания в виде прогрессирующего замедления и удлинения вдоха вследствие спазма мускулатуры бронхов, после чего наступает остановка дыхания. Если в стадии кислородных судорог пострадавшего водолаза переключить на дыхание вместо кислорода воздухом или газовой смесью с низким парциальным давлением кислорода, то у него может быть еще 1-2 приступа судорог, после чего он погружается в глубокий сон, который продолжается от 40 до 90 мин.

Отдельные исследователи (Гусинский З.С., Юнкин И.П., 1980; Лотовин А.П., Сапов ИА, 1986) выделяют еще одну, начальную (компенсаторную), стадию, которая предшествует стадии предвестников. Для начальной стадии характерно развитие многочисленных, главным образом приспособительных, реакций на кислород на всех уровнях. Вследствие этого в рамках начальной стадии поддерживается гомеостаз основных физиологических функций и сохраняется работоспособность организма. Электрофизиологические исследования в этот период (Селивра А.И., 1974) показали волнообразный характер изменений биоэлектрической активности всех отделов мозга: периодическое уменьшение интенсивности низкочастотных и повышение высокочастотных составляющих, расширение частотного спектра и снижение связи между биопотенциалами различных структур мозга.

Иногда водолаз, поднятый на поверхность вследствие отравления кислородом, находится в состоянии обморока или сильного нервного возбуждения. Он не может спокойно лежать или сидеть, стремится вырваться из рук людей, оказывающих ему помощь, вступает с ними в драку, а затем постепенно успокаивается и засыпает.

Следует заметить, что наличие в дыхательной газовой смеси повышенного содержания углекислого газа, а также тяжелая работа, переохлаждение и перегревание приводят к сокращению сроков наступления судорожной формы отравления кислородом.

При легочной форме отравления кислородом начальные признаки характеризуются ощущением загрудинных болей, усиливающихся при глубоком дыхании, и появлением сухого кашля. Наряду с этим отмечаются спазм периферических сосудов и онемение кончиков пальцев рук и ног, носа. В дальнейшем постепенно развивается воспалительный процесс в легких. Он сопровождается явлениями гипоксии, которые возникают в результате отека легких и выключения их в той или иной степени из участия в нормальном цикле газообмена. Появляются также инфекционные осложнения первичного «асептического» поражения легких. При выраженном отеке легких переход пострадавшего в среду с нормальным парциальным давлением кислорода может привести к развитию острого кислородного голодания.

Взаимосвязывание различных субъективных проявлений при легочной форме отравления кислородом и изменения жизненной емкости легких представлена на рис. 124.

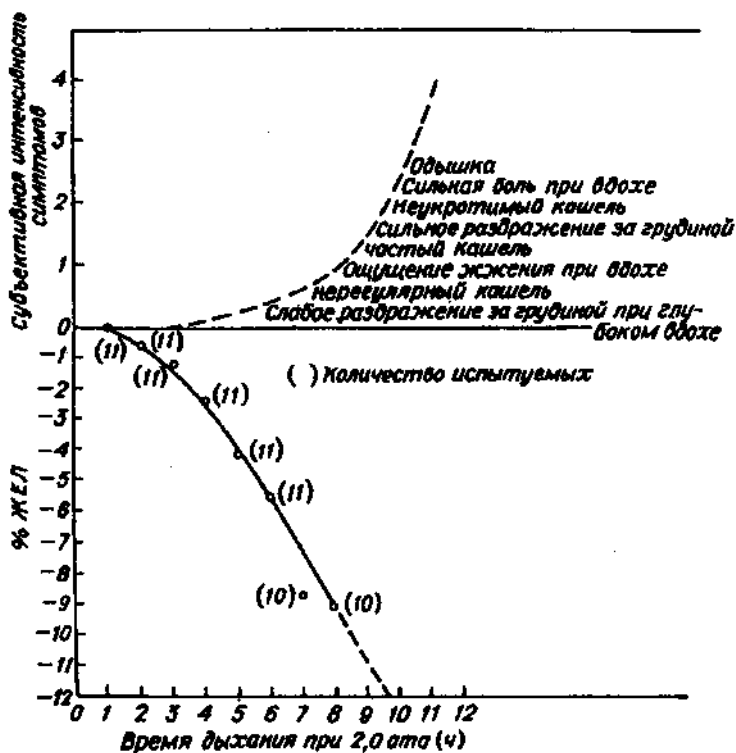


Рис. 124. Время появления симптомов легочной формы отравления кислородом и изменение ЖЕЛ у человека при гипероксии (по Clark J., Lambertsen C, 1971)

Основной причиной гибели является развитие острой дыхательной недостаточности, которая обусловлена тяжелым отеком легких, приводящим к существенному снижению в них газообмена.

Острая форма поражения легких характеризуется последовательным развитием экссудативных, пролиферативных и фибринозных изменений. При первично-хронической форме патологический процесс с самого начала носит пролиферативный характер: легочные капилляры переполняются кровью, альвеолы и просвет бронхов заполняет геморрагический экссудат, определяется перерождение альвеолярного эпителия и альвеолярных мембран, отмечаются гипертрофия и гиперплазия легочного эпителия, утолщение и гиалинизация стенок кровеносных сосудов.

При длительном воздействии гипероксии наряду с экссудативными и пролиферативными изменениями могут развиваться уплотнение и опеченение легочной ткани, а также инфекционное осложнение первичного асептического поражения участков легочной ткани — пневмония.

Для сосудистой формы отравления кислородом характерно то, что при парциальном давлении кислорода 1,0—2,5 кг/см² симптомы развиваются постепенно и проявляются в основном понижением кожной чув-

ствительности и онемением кончиков пальцев. При давлении более 2,5 кгс/см² могут появиться мелькание в глазах, снижение остроты зрения и сужение полей зрения, головная боль, головокружение, звон в ушах, мелькание в глазах, затрудненное дыхание, общая слабость и резкое падение артериального давления, в результате чего может наступить потеря сознания. При объективном обследовании можно отметить побледнение или, напротив, гиперемия кожных покровов, кровоизлияния в кожу и слизистые. Возможны кровоизлияния во внутренние органы. При указанных величинах парциального давления кислорода и экспозиции 2,5—3 ч возможно также сочетание легочной и сосудистой форм отравления, проявляющихся в разной степени.

При парциальном давлении 5 кгс/см² и более развивается молниеносное отравление, при котором без предвестников наступают внезапная потеря сознания и смерть.

8.10.5. Оказание помощи и лечение

При появлении первых признаков отравления кислородом в период выполнения работы под водой водолазу дается команда немедленно прекратить работу и приступить, к подъему на поверхность. Если водолаз не может самостоятельно подняться на поверхность (потеря сознания), то его следует немедленно поднимать за сигнальный конец (в необходимых случаях с участием страхующего водолаза), переключить на дыхание атмосферным воздухом и освободить от снаряжения. Дальнейшие лечебные мероприятия проводятся в зависимости от состояния пострадавшего.

При наличии у пострадавшего судорог его необходимо удерживать, оберегая от ударов голову, и принимать меры по предупреждению прикуса языка. Во время судорогу пострадавшего запрещается проводить декомпрессию, так как снижение окружающего давления при произвольной задержке дыхания может привести к появлению баротравмы легких. Декомпрессия возобновляется при появлении у водолаза ритмичного дыхания, которое возникает после прекращения клонических судорог.

Для снятия судорожных приступов назначают внутримышечное введение 1-2 мл 2,5 %-ного раствора аминазина, 2 мл 0,5 %-ного раствора седуксена или 1-2 мл 2 %-ного раствора димедрола. Показано также применение 10—20 мл 25 %-ного раствора сернокислой магнезии внутримышечно и 50 мл 3 %-ного раствора хлоралгидрата в клизмах.

Пострадавшего следует поместить в теплое затемненное место с хорошей звукоизоляцией. В течение суток после отравления он должен находиться под наблюдением врача, который проводит симптоматическое лечение.

При наличии показаний применяют анальгетики (анальгин, аспирин, баралгин и др.), стимуляторы дыхательной системы (3 мл 1,5 %-ного раствора этимизола внутримышечно или медленно внутривенно) и сердечной деятельности (1 мл 10 %-ного раствора коразола или 2 мл кордиамина внутримышечно или медленно внутривенно, 1 мл 0,06 %-ного раствора коргликона в 10 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно).

но, 0,5 мл 0,05 %-ного раствора строфантина в 10-20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно). В целях профилактики возникновения у пострадавшего пневмонии следует применять антибиотики 4—6 раз в сутки (оксациллин по 0,25 г, ампициллин по 0,5 г, олететрин по 0,125 г или др.) или сульфаниламиды.

При легочной форме отравления кислородом проводится наложение венозных жгутов на нижние и верхние конечности (на срок до 1,5 ч) в положении пострадавшего полусидя, аспирация пены из верхних дыхательных путей для устранения механической асфиксии. Для борьбы с метаболическим ацидозом внутривенно вводят 300 мл 4 %-ного раствора гидрокарбоната натрия. С целью предупреждения отека легких внутривенно вводят лазикс (1 % — 2 мл), применяют ингаляцию парами этилового спирта, кровопускание и внутривенное введение 3-4 мл 96 %-ного этилового спирта и 30-40 мг преднизолона с 20 мл 40 %-ного раствора глюкозы (последнее при необходимости повторяется).

В случае появления первых признаков отравления кислородом в барокамере при проведении лечебной рекомпрессии по режимам 1Г, 2В или 3В пострадавшему назначают по 3 раза в сутки аскофен по 1 таблетке, аскорбиновую кислоту по 0,3 г, рутин по 0,02 г и витамин Е по 0,1 г.

8.10.6. Профилактика

При использовании для дыхания водолаза под водой 40 % КАС необходимо исключить возможность перепутывания баллонов и подачи водолазу вместо смеси чистого кислорода. Перед первым спуском водолаза под воду в течение суток и перед заменой секций баллонов с 40 % КАС должен быть сделан анализ смеси на содержание кислорода.

При дыхании кислородом в снаряжении с замкнутой схемой дыхания для предупреждения отравления кислородом необходимо исключить случаи спусков водолазов под воду на глубины более 20 м. Недопустимо проведение спусков под воду в неисправном водолазном снаряжении (особенно при неисправности клапана вдоха и кислородоподающего механизма).

Продолжительность спуска и работы водолаза под водой не должна превышать физиологически допустимого времени работы, приведенного в табл. 31.

Таблица 31. Физиологически допустимое время работы водолаза под водой при дыхании кислородом

Глубина спуска, м вод. ст. (парциальное давление кислорода, кгс/см ²)	Допустимое время работы	
	легкой и средней тяжести	тяжелой
5 (1,5)	7 ч	2 ч
10 (2,0)	2,5 ч	1 ч
15 (2,5)	30 мин	20 мин
20 (3,0)	20 мин	10 мин

При выполнении тяжелой работы под водой в кислородном снаряжении на глубинах 15-20 м время пребывания и работы водолазов под водой должно определяться с учетом индивидуальной предрасположенности водолазов к токсическому действию кислорода.

В барокамерах, где условия более благоприятные по сравнению с водной средой, физиологически допустимое время дыхания кислородом или воздухом при соответствующем парциальном давлении значительно больше (табл. 32).

Таблица 32. Физиологически допустимое время непрерывного дыхания воздухом или кислородом в барокамере

Избыточное давление воздуха, м вод.ст., кгс/см ²	Давление чистого кислорода, кгс/см ²	Время дыхания, ч
20 (2)	0,6	До 170 – 180
30 (3)	0,8	40-80
40 (4)	1,0	25-45
50 (5)	1,3	15-25
60 (6)	1,5	10-16
70 (7)	1,7	8-12
80 (8)	1,9	5-9
90 (9)	2,1	3-4
100 (10)	2,3	2-3
—	3,0	До 1 – 1,5

При проведении декомпрессии с использованием для дыхания кислорода общее время дыхания чистым кислородом не должно превышать 3—3,5 ч, так как спускавшиеся водолазы уже длительное время дышали газовой смесью с повышенным парциальным давлением кислорода.

При наличии на кислородном этапе декомпрессии воздушных перерывов время дыхания чистым кислородом может быть увеличено до 6 ч. Если в процессе декомпрессии на кислороде у водолаза появляются предвестники отравления кислородом (боль при вдохе за грудиной, онемение кончиков пальцев рук или ног), то его следует переключать на дыхание воздухом и всю последующую декомпрессию проводить на воздухе. При этом время кислородных выдержек на остановках удваивается.

8.11. Кислородное голодание

8.11.1. Определение

Под кислородным голоданием понимается патологическое состояние организма, наступающее вследствие низкого напряжения кислорода в клетках и тканях организма или отсутствия способности тканей потреблять кислород. Различают кислородное голодание как нозоло-

гическую форму и как патогенетическое следствие многих заболеваний, при которых кислородное голодание возникает вторично в отдельных органах или частях тела (местная гипоксия) или во всем организме в целом (общая гипоксия).

В понятие «кислородное голодание» включаются все случаи первичной гипоксии. В зависимости от причин, вызывающих первичную гипоксию в организме, различают следующие ее формы (Peters J.P., Van Slyke D.D., 1948):

- гипоксическая гипоксия, которая наступает в результате понижения парциального давления кислорода в дыхательной газовой смеси, затруднения в проникновении кислорода в кровь через альвеолярный эпителий или же в результате расстройства дыхания;
- гемическая гипоксия, основной причиной которой является уменьшение в крови количества эритроцитов (анемический тип) или же инактивация гемоглобина чаще всего окисью углерода и окислами азота;
- циркуляторная гипоксия, наступающая вследствие декомпенсации сердечно-сосудистой системы (застой крови или ишемия тканей);
- гистотоксическая (тканевая) гипоксия, которая наступает в результате понижения способности тканей потреблять находящийся в крови кислород вследствие подавления функциональной активности различных дыхательных ферментов.

Наряду с этим И.Р.Петров выделяет смешанную форму гипоксии.

В водолазной практике основными причинами кислородного голодания у водолазов являются пониженное парциальное давление кислорода во вдыхаемой газовой смеси (гипоксическая гипоксия) и гемическая гипоксия в результате инактивации гемоглобина окисью углерода и окислами азота.

8.11.2. Историческая справка

Проблема кислородного голодания является одной из важнейших общеприродных и медицинских проблем.

Отдельные наблюдения по влиянию на организм разреженного воздуха появились уже в древности. Древнегреческий философ Аристотель (384-322 г. до н.э.) ошибочно полагал, что на горе Олимп (2985 м над уровнем моря) жизнь человека невозможна, так как он «не может дышать воздухом, слишком тонким для дыхания». Древнегреческий историк Плутарх в 336 г. до н.э. писал, что легионеры Александра Македонского при переходах через горные хребты часто жаловались на головную боль и недомогание. После этого многие путешественники (географы, купцы, монахи, естествоиспытатели) описывали в путевых заметках симптомы горной болезни. Испанский иезуит ИАкоста во время военной экспедиции на хребты Кордильер (высота до 6000 м и более) в Перу в 1590 г. писал: «Я убедился, что воздух здесь настолько нежен и тонок, что является несоответствующим с дыханием человека, нуждающегося в более грубом воздухе, и я полагаю, что именно эта причина так сильно действует на желудок и нарушает все другие функции». Симптомы этого заболевания (общее не-

домогание, тошнота, рвота и головная боль) были известны аборигенам Южной Америки. В 1666 г. Роберт Бойль установил, что угасание жизни животных в условиях нарастающего разрежения воздуха совпадает с угасанием свечи, однако он не смог дать объяснения этому феномену. Кислород был открыт более чем через 100 лет после этого (Шееле К.В., 1770; Пристли Д., 1774). В 1804 г. французский воздухоплаватель Робертсон, поднявшись в воздушном шаре на высоту около 8000 м, испытывал сильные страдания. Много ценных сведений о симптомах, развитии и течении горной болезни предоставили отечественные путешественники и врачи в экспедициях П.П.Семенова-Тян-Шанского и Н.М.Пржевальского на Тянь-Шань (1870-1880), Н.А.Северцова и Г.Е.Грум-Гржимайлона Ала-Тау и Памир (1870-1880), А.В.Пастухова на Кавказ (1889).

До 60-х годов XIX века механизм действия разрежения объяснялся ошибочным положением о том, что уменьшение давления на поверхность тела, возникающее при снижении окружающего давления, оказывает механическое действие на поверхностно расположенные периферические кровеносные сосуды, и в эти расширенные сосуды устремляется кровь из сосудов внутренних органов и мозга (Галер А., 1758).

В 1861 г. французский врач Дени Журдане высказал предположение, что развитие горной болезни обусловлено обеднением крови кислородом, которое он назвал «аноксемией». В 1870 г. вышла диссертация Жирмунского «О влиянии разреженного воздуха на организм человека».

Честь создания теории кислородного голодания принадлежит П.Беру, который в опытах на животных и на людях, в том числе на себе, показал, что снижение давления в барокамере приводит к появлению патологических симптомов. Однако если барокамера предварительно заполнялась кислородом, то даже более высокое разрежение давления не ухудшало состояния испытуемых. Из этого факта П.Бер сделал вывод о том, что переносимость «подъема на высоту» связана не со снижением давления как таковым, а с уменьшением парциального давления кислорода. Эти работы П.Бера были начаты после создания им в 1868 г. барокамеры и описаны в его классическом труде «Барометрическое давление» (1878), посвященном Д.Журдане.

Большая роль в изучении кислородного голодания принадлежит И.М.Сеченову, его ученикам и последователям (Пашутину В.В., Альбицкому П.М., Карташевскому Е.А. и др.). 15 апреля 1875 г. французские аэронавты Тиссандье, Зивель и Кроче-Спинелли поднялись на аэростате «Зенит» на высоту 8600 м и потеряли сознание, после чего в живых остался только Тиссандье, который дышал кислородно-воздушной смесью. И.М.Сеченов с исчерпывающей полнотой объяснил причину смерти аэронавтов. Он объяснил этот факт тем, что в альвеолярном воздухе поддерживается постоянное парциальное давление углекислоты и водяных паров, доля которых при подъеме на высоту возрастает, в результате чего уменьшается не только парциальное давление, но и процентное содержание кислорода в альвеолярном воздухе, причем обмен газов происходит между кровью и альвеолярным воздухом, а не между кровью и окружающей атмосферой.

В.В.Пашутин (1881) в своих «Лекциях по общей патологии» описал разнообразные нарушения кислородного снабжения организма, впервые предложил термин «кислородное голодание» и ввел учение о кислородном голодании в раздел курса патологической физиологии. Он создал классификацию кислородного голодания, в основу которой был положен патогенетический принцип. Под его руководством были разработаны принципиально новые методы исследований, которые сыграли большую роль в изучении кислородного голодания. П.М.Альбицкий и Е.А.Карташевский провели исследования обмена веществ и терморегуляции при недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе. В 1892 г. Третьяков защитил диссертацию на тему «К вопросу о горной акклиматизации».

В XX столетии в нашей стране много сделали для изучения кислородного голодания В.В.Стрельцов, Н.Н.Сиротин, Г.Е.Владимиров, М.П.Бресткин, И.Р.Петров, П.И.Егоров, А.П.Аполлонов, И.П.Разенков, М.Е.Маршак, Е.М.Крепе, А.Ф.Панин и др. Толчком к проведению исследований влияния на организм повышенного и пониженного давления, в частности кислородного голодания, явилось создание в 1940 г. на кафедре физиологии Военно-медицинской академии баролaborатории, руководителем которой стал М.П.Бресткин.

Из зарубежных исследователей кислородного голодания следует отметить Дж.Баркрофта, Дж.Холдейна, Г.Армстронга, А.Моссо, Я.Гендерсона, Э.Ван Лира.

8.11.3. Этиология

В водолазной практике кислородное голодание наиболее часто возникает в процессе проведения учебных спусков водолазов в снаряжении с замкнутой схемой дыхания (в изолирующих дыхательных аппаратах с подачей на дыхание кислорода).

Гипоксическая гипоксия наступает при нарушении правил использования изолирующих дыхательных аппаратов (несоблюдении правил включения на дыхание в аппарат), при неисправности кислородоподводящего механизма (недостаточной подаче кислорода из баллонов в дыхательный мешок), при отсутствии кислорода в баллонах аппарата или при ошибочной подаче на дыхание водолазу чистого индифферентного газа (азота, гелия и др.) вместо воздуха или 40 %-ной кислородно-азотной смеси.

Одной из важных предпосылок, создающей условия для возникновения кислородного голодания при использовании кислородных дыхательных аппаратов, является неправильное выполнение водолазами пятикратной промывки системы «аппарат — легкие» при включении в аппарат. После однократной промывки системы «аппарат - легкие» в газовой смеси дыхательного мешка аппарата остается 42—45 % азота, после двухкратной — 22—25 %, после трехкратной — 12—13 %, а после пятикратной — 3—4 % азота. Количество азота, оставшееся в дыхательном мешке после промывки в процессе дыхания в аппарате, увеличивается за счет вымывания азота из организма (приблизительно 400-600 мл).

Если водолаз пойдет под воду только с однократной промывкой системы «аппарат—легкие», то после определенного времени количество азота будет продолжать увеличиваться за счет вымывания его из организма, а также за счет незначительного поступления с кислородом. В результате у водолаза может наступить кислородное голодание и на глубине.

Чаще всего кислородное голодание у водолазов встречается на этапе выхода с глубины на поверхность. К примеру, при пребывании водолаза на глубине 20 м содержание кислорода в дыхательном мешке снизилось до 7 %. При данном процентном содержании кислорода парциальное давление его на грунте будет соответствовать парциальному давлению в воздухе при нормальном барометрическом давлении ($0,07 \cdot 3,0 \text{ кгс/см}^2 = 0,21 \text{ кгс/см}^2$, что соответствует 21 %). При таком содержании кислорода водолаз на глубине 20 м будет иметь нормальное самочувствие, так как окислительно-восстановительные процессы в тканях организма не будут нарушены. Но при подъеме наверх парциальное давление кислорода будет постепенно снижаться и на поверхности будет в 3 раза меньше нормального. Это приведет к мгновенной потере сознания.

При работе водолазов под водой в изолирующем дыхательном аппарате кислородное голодание может осложниться баротравмой легких и утоплением.

При спусках в вентилируемом водолазном снаряжении или в аппарате с открытой схемой дыхания, в которых в качестве дыхательной смеси используется сжатый воздух, кислородное голодание, как правило, исключается. В вентилируемом водолазном снаряжении оно может наступить только на малых глубинах в случае прекращения подачи воздуха в скафандр, например при обрыве водолазного шланга. При этом признаки отравления углекислым газом наступят гораздо раньше, чем кислородное голодание. Еще менее вероятно появление кислородного голодания у водолаза, находящегося на большой глубине, при отсутствии подачи воздуха. Однако при подъеме водолаза на поверхность возможно сочетание кислородного голодания с отравлением углекислым газом.

В снаряжении с открытой схемой дыхания гипоксия также мало вероятна. Она может наступить при полном расходе воздуха или при отсутствии подачи воздуха вследствие неисправной работы дыхательного автомата и редуктора. В этом случае возможно сочетание кислородного голодания с баротравмой легких.

При проведении спусков водолазов в снаряжении с полузамкнутой или открытой схемой дыхания при дыхании 40 %-ной кислородно-азотной смесью возможна молниеносная форма кислородного голодания в случае ошибочной подачи вместо этой смеси чистого индифферентного газа (азота, гелия и др.).

Гипоксическая гипоксия различной степени может проявляться при длительной задержке дыхания во время ныряния на глубину и в длину в комплекте № 1 спортивного подводного снаряжения.

Средняя продолжительность задержки дыхания у взрослых здоровых людей в состоянии покоя после обычного вдоха составляет 54,5 с, а после выдоха — 40,0 с. Несмотря на значительную разницу в продолжи-

тельности задержки дыхания, газовый состав альвеолярного воздуха в обоих случаях практически оказался одинаковым. Так, количество O_2 после вдоха было в среднем равно 9,03 %, а после выдоха — 8,97 %. Содержание же CO_2 после вдоха было равно 7,08 %, а после выдоха — 7,02 % (Тамбиева А.П., 1964). Таким образом, спортсмен-подводник обычно вынужден вынырнуть, когда содержание CO_2 в альвеолярном воздухе составит около 7 %, а кислорода — около 9 % (Шастин П.Н., 1964). А.П.Тамбиевой удалось установить, что наиболее эффективной является гипервентиляция в течение 1—3 мин перед задержкой дыхания. Более длительная гипервентиляция мало сказывается на времени задержки дыхания. Лабораторные опыты М.Е.Маршака (1961) показали, что плотательные движения в конце задержки дыхания увеличивают длительность апноэ на 10—20 с. По данным В.Пономарева (1975), запас кислорода при задержке дыхания не может быть более 2 л (900 мл - в легких, 600 - в крови, 500 - в мышцах), а из этого запаса ныряльщик может использовать максимум 1,5 л. Гипервентиляция увеличивает в легких количество кислорода на 100—150 мл и уменьшает количество CO_2 в крови. Наиболее эффективна гипервентиляция в течение 1 мин, снижающая процентное содержание CO_2 в легких с 5,5 до 3,4 %.

Интенсивные плавательные движения при нырянии спортсмена-подводника приводят к потреблению большого количества кислорода, содержащегося в объеме легких. При этом его парциальное давление в альвеолярном воздухе и напряжение в крови и тканях будут постепенно понижаться и в определенный момент могут достигнуть опасной величины. Особенно опасна произвольная длительная задержка ныряльщика под водой после предварительной усиленной гипервентиляции на поверхности. Вымывание углекислоты лишает спортсмена естественного сигнала необходимости вдоха, вследствие чего он может внезапно потерять сознание от кислородного голодания с высокой опасностью последующего утопления. Чаше это наступает при всплытии или после всплытия на поверхность из-за снижения парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе и его напряжения в тканях. Для того, чтобы стимуляция дыхательного центра углекислотой происходила до критического падения содержания кислорода, в последнее время рекомендуется перед нырянием делать не более 3-4 глубоких вдохов и выдохов.

Гипоксическая гипоксия может возникнуть также в барокамере при использовании системы очистки газовой среды от CO_2 без обогащения газовой среды кислородом и без контроля его содержания.

Гемическая гипоксия при погружениях под воду вызывается инактивацией гемоглобина как основного переносчика кислорода вредными газообразными веществами выхлопных газов, среди которых особое место занимают окись углерода и окислы азота. Гемоглобин эритроцитов образует стойкие соединения с окисью углерода (карбоксигемоглобин) и с окислами азота (метгемоглобин), что приводит к гипоксии, поскольку гемоглобин фактически не участвует в переносе кислорода от легких к тканям. Этот вид патологии рассмотрен в п. 8.13.

Причиной гемической гипоксии может быть также уменьшение кислородной емкости крови (снижение содержания гемоглобина) при анемиях, вызванных кровотечением и другими причинами.

Циркуляторная гипоксия как самостоятельное заболевание у водолазов не встречается, но может иметь место при развитии декомпрессионной болезни или баротравмы легких в связи с газовой эмболией, которая нарушает нормальное кровоснабжение тканей.

Гистотоксическая (тканевая) гипоксия может парадоксально возникнуть при отравлении кислородом (гипероксическая гипоксия), когда блокируются дыхательные ферменты тканей (см. п. 8.10). В данном случае в крови существует повышенное парциальное давление кислорода, но ткани не способны утилизировать этот кислород.

8.11.4. Патогенез

При рассмотрении патогенеза кислородного голодания необходимо иметь в виду, что газообмен с кровью происходит в альвеолах легких. Состав альвеолярного воздуха отличается от состава вдыхаемого воздуха. В альвеолах легких при температуре тела напряжение водяных паров составляет постоянную величину, равную 47 мм рт.ст., или около 6,2 % в пересчете на атмосферное давление. В связи с этим парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе будет меньше, чем в атмосферном. Так, например, если в атмосферном воздухе содержится 20,93 % кислорода, то его парциальное давление на уровне моря будет составлять

$$pO_2 = \frac{20,93 \cdot 760}{100} = 159 \text{ мм рт.ст.}$$

Парциальное же давление O_2 в альвеолярном воздухе при содержании его, равном 13,5—14,5 % (в среднем 14 %), за вычетом напряжения водяных паров, составляет

всего:

$$pO_2 = \frac{14 \cdot (760 - 47)}{100} = 99,8 \text{ мм рт.ст.}$$

При гипоксии создаются условия для затруднения деятельности всех физиологических систем организма, в первую очередь нервной, дыхательной и сердечно-сосудистой.

При выраженной, особенно некомпенсированной гипоксии возникают расстройства непосредственно в тканях: повышается проницаемость капилляров, появляются периваскулярный отек и разволокнение соединительной ткани, кровоизлияния по ходу мелких кровеносных сосудов в мозге и мозговых оболочках. У людей, погибших в результате острой формы кислородного голодания при быстром разрежении воздуха (при взрывной декомпрессии в летательных аппаратах или в барокамерах), наблюдаются сосудистые изменения в виде гиперемии, отека и кровоизлияния в головном мозге и различных внутренних органах.

Исследованиями функционального состояния центральной нервной системы у животных и людей установлено, что по мере нарастания гипоксии вначале отмечается некоторое растормаживание дифференцировок и усиление ответов на положительные раздражители. Эти изменения свидетельствуют об ослаблении процессов внутреннего торможения и об относительном преобладании процессов возбуждения. В дальнейшем наблюдается ослабление рефлексов и на положительные раздражители, а дифференцировки становятся еще менее стойкими. Затем наступает уравнивательная фаза, во время которой на сильные и слабые раздражители испытуемые дают ответы одинаковой силы. По мере усиления действия гипоксии наступают парадоксальная и ультрапарадоксальная фазы. Для первой фазы характерно наличие более сильных ответов на слабые раздражители и более слабых - на сильные, а для второй - наличие положительных ответов на тормозные и дифференцированные раздражители и резкое ослабление или отсутствие ответов на положительные раздражители. В дальнейшем гипоксия снижает работоспособность корковых клеток настолько, что наступает запредельное охранительное торможение. Морфологически отмечаются увеличение проницаемости мембран мозга, развитие отека и кровоизлияний. Изменения в деятельности центральной нервной системы создают функциональные сдвиги в организме, характерные для кислородного голодания: начальная эйфория и повышенная возбудимость сменяются общей слабостью, невозможностью выполнения напряженной мышечной работы, затемнением сознания, резким расстройством координации движений и коматозным состоянием.

Изменения кровообращения и дыхания при гипоксии происходят рефлекторно за счет возбуждения кислородных рецепторов, связанного с низким парциальным давлением кислорода, и возбуждения хеморецепторов легочных вен и аортальной системы (участков аортальных, синокаротидных зон и других областей) вследствие повышенной кислотности крови (Бреслав И.С., 1973; Маршак М.Е., 1973; Сергиевский М.В., 1973). Кислородные рецепторы аортальной и синокаротидных зон особенно чувствительны к низкому напряжению кислорода в артериальной крови. Даже в состоянии наркоза падение напряжения кислорода в артериальной крови всего лишь на 1 мм рт.ст. вызывает безусловнорефлекторные реакции сердечно-сосудистой и дыхательной систем, направленные на восстановление нормального напряжения кислорода в артериальной крови, на ликвидацию даже малейшей гипоксии.

Типичными изменениями в деятельности сердечно-сосудистой системы при кислородном голодании у здорового человека являются увеличение минутного и ударного объема крови и рефлекторная перестройка кровообращения, направленная на преимущественное снабжение кровью головного мозга (особенно его коры), резкое сужение сосудов мышц и органов брюшной полости. Указанное перераспределение крови, происходящее на фоне усиленного кровообращения, представляет собой важную приспособительную реакцию, обусловленную деятельностью нервно-рефлекторного механизма (Барбашова З.И., 1960; Петухов В.А.,

1964; Корольков В.И., 1966). В миокарде $2/3$ кислорода расходуется на сократимость и $1/3$ — на остальной метаболизм. При недостатке кислорода снижается энергетика, нарушаются возбудимость и проводимость, возникают некробиозы. Клинически это проявляется тахисистолией, затем брадикардией, экстрасистолией и недостаточностью миокарда.

В легких при гипоксии возникают вазоконстрикция и интерстициальный отек, снижается продукция сурфактанта, падает растяжимость легких, возрастает обструкция из-за экспираторного закрытия дыхательных путей. Гипертензия в малом круге ведет к правожелудочковой недостаточности. Дыхательная система человека реагирует на гипоксемию углублением и учащением дыхания. Экспериментально установлено, что более или менее заметные изменения дыхания возникают при содержании кислорода во вдыхаемом воздухе 14-15 % (110 мм рт.ст.). При содержании кислорода около 10-11 % легочная вентиляция возрастает в большей степени, а при 8-8,5 % может достигать двукратной величины по сравнению с нормальными условиями. При содержании кислорода менее 6 % она возрастает многократно. При дальнейшем прогрессировании гипоксии наблюдается периодическое дыхание, которое постепенно переходит в дыхание типа Чейна - Стокка.

Кислотно-основное состояние при кислородном голодании претерпевает двухфазные изменения. В первые минуты активная реакция крови отчетливо сдвигается в щелочную сторону вследствие вымывания из организма углекислоты за счет повышения легочной вентиляции. Наступает состояние гипокапнии, ведущее к дыхательному алкалозу. Вторая фаза характеризуется сдвигом активной реакции крови в сторону преобладания кислых эквивалентов. Время возникновения этой фазы зависит от величины уменьшения парциального давления кислорода во вдыхаемой газовой смеси, а также от продолжительности дыхания смесью. Это связано с нарушением обменных процессов в организме, что сопровождается усиленным образованием недоокисленных продуктов (молочной и пировиноградной кислот, ацетоновых тел), обладающих резко выраженными кислыми свойствами. Наступает фаза метаболического ацидоза. При гипоксии значительно уменьшается содержание щелочного резерва плазмы крови, которое снижается параллельно снижению напряжения кислорода в крови.

Для гипоксии характерным является также увеличение количества эритроцитов. При кратковременной гипоксии эритроцитоз и гиперхромемия возникают в результате выхода депонированной крови в общий поток. В случае продолжительной гипоксии или при повторных воздействиях пониженного парциального давления кислорода изменение количества эритроцитов и гемоглобина в них происходит вследствие образования в крови эритропоэтического фактора, оказывающего стимулирующее действие на синтез гемоглобина.

Под влиянием гипоксии претерпевают изменения белковый, углеводный, жировой и водно-солевой обмен (Коростовцева Н.В., 1976). Нарушается дезаминирование белков в печени (происходит увеличение аминного азота в крови), значительно усиливается анаэробная

фаза гликолиза при относительном угнетении его аэробной фазы (усиленный распад гликогена), снижается окисление молочной кислоты до CO_2 и H_2O , происходит неполное окисление жиров, что приводит к накоплению в организме ацетона, ацетоуксусной и (3-масляной) кислот. Основные изменения углеводного обмена выражаются в увеличении содержания в крови сахара, молочной и пировиноградной кислот. Повышение количества свободной глюкозы в крови обусловлено усилением гликогенолиза.

Кислородное голодание приводит к расстройству системы терморегуляции, в результате чего на фоне усиленной выработки тепла понижается температура тела (Иванов К.П., 1963).

Нарушается функция пищеварения, проявляющаяся снижением секреции желез слизистой оболочки желудка и нарушением двигательной функции пищеварительного тракта. В печени развиваются центральные некрозы, выбрасывается ферритин, повышающий сопротивление портальному кровотоку, который из-за этого снижается и еще больше увеличивает гипоксию печени.

В почках при гипоксии нарушаются все функции по типу ишемического некронефроза. Гипоксемия приводит к существенному снижению диуреза за счет понижения фильтрации и усиления реабсорбции жидкости в почках.

Установлена роль гипофиза и надпочечников в формировании защитных функций организма на действие гипоксии, приводящих к развитию общего функционального напряжения (стресса). При кислородном голодании усиливается инкреторная деятельность надпочечников, так как введение в кровь гормонов коркового слоя надпочечников повышает устойчивость к гипоксии. Кислородное голодание вызывает в тканях отчетливое повышение ферментативной активности систем, относящихся к группе оксидаз (цитохромы, цитохромоксидазы и др.), особенно в нервной ткани, печени и почках. Повышение активности окислительных ферментативных систем оценивается как перестройка механизма обменных процессов, направленных на ослабление влияния гипоксемии. В то же время катехолинемия приводит к спазмированию артерий и нарушению кровотока в системе микроциркуляции, следствием чего являются нарушения реологических свойств крови, ведущие к гиповолемии.

Мозг человека, масса которого составляет 2 % массы тела, поглощает 18 % кислорода, потребляемого всем организмом, причем серое вещество усваивает в 5 раз больше кислорода за единицу времени, чем участок белого вещества такой же массы. Через мозг человека протекает 740—750 мл крови в минуту. Деятельность мозга нарушается при снижении количества протекающей через него крови более чем на 40 %. Человек теряет сознание через 10 с после полного прекращения циркуляции крови в головном мозге. Через 40—100 с угасают собственные рефлексы мозга, а в среднем через 5 мин наступает смерть организма. Смерть происходит при потреблении мозговым веществом кислорода ниже 2,1 мл/мин на 100 г мозгового вещества.

В зависимости от степени гипоксии и сроков воздействия на организм низкого парциального давления кислорода, а также степени проявления компенсаторных реакций организма различают три формы кислородного голодания: молниеносную, острую и хроническую.

Молниеносная форма кислородного голодания может наступить при дыхании чистым азотом, гелием, водородом и другими индифферентными газами без примеси кислорода. В этом случае вследствие быстрого вымывания кислорода из организма наступает мгновенная потеря сознания с последующей гибелью в течение 1,5—2 мин. Компенсаторные механизмы организма при этом не успевают развиваться.

При острой форме кислородного голодания быстро (в течение нескольких минут) возникают компенсаторные реакции организма, а вслед за ними патологические реакции, которые могут стать ведущими и при продолжительном действии гипоксии привести к гибели пострадавшего.

Хроническая форма кислородного голодания возникает в случае длительного (дни, недели, месяцы) воздействия на организм человека порогового или подпорогового гипоксического раздражителя, когда вместо экстренных компенсаторных реакций дыхательной и сердечно-сосудистой систем происходит существенная перестройка эритропоэза и тканевого обмена.

8.11.5. Клиника

В водолазной практике при снижении парциального давления кислорода ниже нормы возникает гипоксическая гипоксия, течение которой можно условно разделить на четыре последовательных стадии. При интенсивной физической нагрузке, переохлаждении и других факторах, способствующих повышенному потреблению кислорода, возможен более быстрый переход состояния организма в более тяжелую стадию.

Для первой стадии гипоксии, проявляющейся при парциальном давлении кислорода во вдыхаемой смеси 140—90 мм рт.ст. (18,5—12 об.%), характерны ощущение тяжести в голове и во всем теле, невозможность сосредоточить волевые усилия на выполнении умственной и физической работы, нарушение координации движений, особенно тонких двигательных актов, замедление темпа речи, снижение умственной работоспособности. В коре больших полушарий определяются нарушение всех видов внутреннего торможения, возрастание латентных периодов условнорефлекторных реакций и растормаживание дифференцировок. На этой стадии организм в состоянии покоя достаточно легко справляется с гипоксией за счет ряда компенсаторных реакций. Со стороны сердечно-сосудистой системы определяются повышение артериального давления, увеличение частоты пульса на 5-30 ударов в минуту. Дыхание несколько учащается, на 20—80 % увеличивается минутный объем дыхания (МОД).

Вторая стадия гипоксии проявляется при парциальном давлении кислорода во вдыхаемой смеси 90—70 мм рт.ст. (12-9,2 %). В этой стадии гипоксеии компенсаторные реакции организма становятся недостаточными, вследствие чего наступают нарушения функции центральной нервной системы и деятельности циркуляторной системы. Сознание у по-

страдавшего сохраняется, но исчезает способность к реальной оценке текущих событий, появляется стремление к выполнению намеченной цели без учета реальной обстановки и опасности. Походка становится шаткой, резко снижается чувствительность, в силу чего пострадавший не замечает ушибов и травматических повреждений кожных покровов. В центральной нервной системе преобладают процессы торможения, возникают предобморочное состояние, побледнение кожных покровов. МОД увеличивается в 2 раза и более, частота сердечных сокращений может превышать исходную на 40 % (до 120 сокращений в минуту в покое). Мышечные усилия быстро вызывают сердечную декомпенсацию.

Третья стадия гипоксии проявляется при парциальном давлении кислорода во вдыхаемой смеси 70—55 мм рт.ст. (9,2—7,2 %). Происходит резкое нарушение функций центральной нервной системы, появляется спутанность мышления, даже незначительное физическое усилие приводит к потере сознания, при этом наступает церебральная кома с «ригидными стеклянными глазами». Иногда возникают гипоксемические судороги, непроизвольные мочеиспускание и дефекация, периодическое дыхание: 3—6 дыхательных движений, за которыми следует пауза. МОД существенно уменьшается по сравнению с предыдущей степенью гипоксии, но может быть несколько больше, чем при нормальном давлении. Частота сердечных сокращений уменьшается по сравнению с выраженной гипоксией при наступающей декомпенсации. При резком ухудшении общего состояния организма возможна остановка сердца.

Четвертая стадия гипоксии возникает при парциальном давлении кислорода во вдыхаемой смеси ниже 55 мм рт.ст. (7,2 об.%). Для этой стадии характерны атональное состояние, смена периодического дыхания очень редким дыханием (1—3 в 1 мин), синюшный цвет видимых слизистых оболочек и кожных покровов (цианоз). После остановки дыхания возникает резкая декомпенсация кровообращения с падением артериального давления и опасностью остановки сердца, наступает клиническая смерть.

Таким образом, характерными признаками острого кислородного голодания у человека при гипоксической гипоксии являются бледность кожи, синюшность кожных покровов и видимых слизистых оболочек, гипоксическая одышка, сменяющаяся при декомпенсации периодическим дыханием, учащение сердцебиения с последующей брадикардией, нарушение координации движений, существенные изменения психики вплоть до потери сознания и, наконец, при четвертой стадии гипоксии — клиническая смерть.

В водолазной практике при использовании снаряжения с замкнутой схемой дыхания, как правило, водолаз внезапно теряет сознание, не замечая предвестников, характерных для вышеприведенных стадий.

8.11.6. Оказание помощи и лечение

Первая помощь при кислородном голодании заключается в подъеме пострадавшего водолаза из воды на поверхность. Если водолаз запутался и поднять его за сигнальный конец невозможно, под воду немед-

ленно спускают страхующего водолаза. При спусках в снаряжении с замкнутой схемой дыхания страхующий водолаз перед подъемом должен у пострадавшего заменить кислородом газовую смесь в дыхательном мешке, контролируя степень его наполнения, проверить степень открытия крышки травяще-предохранительного клапана на дыхательном мешке, взять пострадавшего поудобнее и дать сигнал о подъеме. На поверхности пострадавшего переключают на дыхание воздухом и быстро освобождают от снаряжения. При потере сознания вследствие кислородного голодания загубник в первые 2-3 мин обычно бывает крепко зажат зубами. Для удаления его изо рта в начальный период кислородного голодания надо разжать челюсть роторасширителем.

Пострадавшего укладывают на койку, тепло укрывают и проводят лечение в соответствии с состоянием пострадавшего. При возможности дают дышать кислородом в соответствии с режимом, представленным в табл. 33, от стационарной системы с использованием кислородного ингалятора или аппарата для кислородной декомпрессии.

Таблица 33. Режимы лечебной рекомпрессии с использованием кислорода для лечения кислородного голодания, утопления, отравления выхлопными газами и нефтепродуктами

Избыточное давление, м вод. ст.	Время дыхания кислородом (к) и воздухом (в) при 20 м вод. ст.	Время перехода на 1-ю остановку, мин	Избыточное давление на остановках, м вод. ст.								Суммарное время дыхания при декомпрессии, мин		Общее время декомпрессии	
			18	16	14	12	10	8	6	4	2	воздухом		кислородом
			Время выдержек на остановках при дыхании кислородом (к) и воздухом (в)											
20	45к +30в +15к	5	10 в	15 к	60 в	15 к	30 к	20 в	40 к	20 в	60 в	175	100	35 мин

Примечание. Продолжительность дыхания кислородом под наибольшим давлением определяется состоянием пострадавшего. В случае легкой степени заболевания это время должно составлять 30 мин, а при заболевании средней тяжести и при тяжелой его форме — 60 мин. Время перехода с остановки на остановку — 2 мин.

В целях повышения эффективности лечения целесообразно перевести пострадавшего водолаза на дыхание кислородом в условиях нормального давления при подготовке к помещению в барокамеру и, не выключая его из кислородного аппарата, поместить в барокамеру и начать компрессию.

При использовании для дыхания кислородом в барокамере кислородных ингаляторов с открытой схемой дыхания или изолирующих кислородных аппаратов (например, аппарата ИДА-57 или ИДА-72Д2 с соединенной трубкой выдоха) с целью исключения накопления в атмосфере барокамеры кислорода более 25 % барокамеру периодически вентилируют воздухом в соответствии с расчетом, приведенным в п. 3.1.5 приложения 2.

При отсутствии кислорода давление в камере повышается воздухом до 70 м с последующим снижением давления по лечебному режиму 2А табл. 25 (п. 8.2.6).

В тех случаях, когда при кислородном голодании у пострадавшего отсутствует дыхание при наличии сердечной деятельности, следует делать искусственную вентиляцию легких способом «изо рта в рот» или «изо рта в нос» до восстановления естественного дыхания или до появления явных признаков смерти (см. приложение 18). При ослаблении сердечной деятельности применяются сердечные гликозиды в терапевтических дозах: кордиамин (1-2 мл внутримышечно) или коргликон (1 мл 0,06 %-ного раствора в 10 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно). При прогрессирующем падении артериального давления подкожно или внутримышечно вводят 0,5-1 мл 0,1 %-ного раствора адреналина или строфантин (0,5 мл 0,05 %-ного раствора в 10-20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно). При остановке сердца применяют непрямой массаж сердца (см. приложение 18) и другие мероприятия по восстановлению жизненных функций. При этом необходимо для согревания пострадавшего укрыть теплым одеялом и резиновыми грелками, заполненными водой с температурой 40—45 °С. Симптоматическое лечение должно быть направлено прежде всего на стимуляцию дыхания и кровообращения. Введение фармакологических стимуляторов дыхания (1 мл 0,15 %-ного раствора цититона внутривенно или внутримышечно) показано лишь при появлении естественного дыхания или при ослабленном естественном дыхании. В противном случае внутривенное введение этого мощного стимулятора дыхательного центра может еще больше усугубить запредельное торможение в нервных клетках дыхательного центра, возникшее в результате тяжелой гипоксемии.

Последствия кислородного голодания зависят от его тяжести и своевременности оказанной первой и врачебной помощи.

При гипоксии первой стадии, как правило, на другой день пострадавший уже не испытывает неприятных субъективных ощущений. После тяжелых форм гипоксии в течение продолжительного времени могут наблюдаться общая слабость, недомогание и головная боль, расстройства высшей нервной деятельности и другие патологические явления. Таких пострадавших следует рассматривать как тяжелобольных, нуждающихся в тщательном врачебном наблюдении и лечении в стационарных условиях.

8. II. 7. Профилактика

Мероприятия по профилактике кислородного голодания у водолазов сводятся к тщательному контролю правильности проведения рабочей проверки водолазного снаряжения с замкнутой и полужамкнутой схемами дыхания, методики приготовления и контроля состава 40 % КАС, соблюдения правил использования снаряжения и методики проведения водолазных спусков.

Запрещаются соревнования спортсменов-подводников без использования дыхательного аппарата по нырянию на максимальное время нахождения под водой, максимальную глубину и максимальную дистанцию.

Гипервентиляция перед нырянием в комплекте № 1 должна включать не более 3-4 глубоких вдохов и выдохов. При появлении сильной потребности сделать вдох ныряльщик должен незамедлительно всплывать на поверхность. Перерыв между ныряниями должен быть достаточным для восстановления нормальной деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Спортсменам-подводникам целесообразно знать свое индивидуальное максимально допустимое время ныряния при задержке дыхания с использованием комплекта № 1 в соответствии с расчетом п. 3.8 приложения 2.

При использовании для дыхания водолазов 40 % КАС перед первым спуском водолаза в течение рабочего дня и перед заменой секций баллонов с 40 % КАС должен быть сделан анализ смеси на содержание кислорода. Особенно опасна возможность перепутывания баллонов и подачи водолазу на дыхание чистого азота в случае приготовления смеси из кислорода и азота.

При применении дыхательных аппаратов, в которых регенеративные патроны заряжены химическим поглотителем ХП-И, а баллоны - кислородом, исключение кислородного голодания достигается соблюдением следующих мероприятий:

- применением для дыхания медицинского кислорода;
- проведением перед спуском под воду проверки давления в кислородном баллоне (оно должно быть не менее 90 % рабочего давления) и постоянной подачи кислорода редуктором;
- правильным включением на дыхание в аппарат с 5-кратной промывкой системы «аппарат — легкие» в соответствии с п. 3.5.3;
- проведением замен кислорода в дыхательном мешке аппарата (однократных промывок) в соответствии с п. 3.5.3 во время работы под водой с периодичностью, представленной в табл. 10;
- обязательным проведением однократной кислородной промывки системы «аппарат — легкие» перед подъемом с глубины на поверхность.

8.12. Отравление углекислым газом

8.12.1. Определение

Отравление углекислым газом представляет собой патологическое состояние, возникающее вследствие нарушения выведения углекислого газа из организма и увеличения его напряжения в тканях.

8.12.2. Историческая справка

Впервые наблюдал химическое выделение CO_2 («лесного духа») Ян ван Гельмонт в 1620 г. Однако открывателем углекислого газа считается шотландский физик и химик Джозеф Блэк, который в 1754 г. его получил и отметил токсическое действие на организм. Факт образования углекисло-

го газа в организме впервые был установлен французским химиком Антуаном Лавуазье в 1778 г., который записал, что «доброкачественная часть воздуха, пройдя через легкие, превращается в воздухообразную меловую кислоту». В дальнейшем А.Лавуазье и К.Бернар установили, что во время пребывания животных в герметичных камерах содержание кислорода снижается, а содержание углекислого газа возрастает. В 1837 г. Г.Магнус извлек из крови подопытных животных газ и показал, что в его состав входят азот, кислород и углекислый газ. И.М.Сеченов в 1858—1859 гг. установил, что при развитии асфиксии содержание кислорода в крови у подопытного животного снижается, а содержание углекислого газа возрастает. В 1861 г. немецкий физик Бюккуа обнаружил в кессонах повышенное содержание углекислого газа (до 8,9 %). П.Бер (1878) доказал, что жизнь животных в герметических камерах в нормобарических условиях ограничивается токсическим действием углекислого газа, а не дефицитом кислорода. Исходя из исследований Бюккуа, П.Бер предложил проводить очистку воздуха в кессонах для удаления из них углекислого газа и вредных веществ. В 1879 г. И.М.Сеченов открыл закон постоянства парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе, зависимость между концентрацией CO_2 во вдыхаемом воздухе и минутным объемом дыхания, а в 1880 г. установил взаимосвязь газового состава альвеолярного воздуха и крови.

Значительный вклад в учение о влиянии повышенного парциального давления углекислого газа на организм внесли ученики и последователи И.М.Сеченова (Пашутин В.В., Альбицкий П.М., Бресткин М.П., Голодов И.И., Маршак М.Е., Сулимо-Самуйлло З.С. и др.), Кривошеенко Н.К., Савичев И.И., Кулешов В.И., а также зарубежные исследователи (Холдейн Дж., Девис Р., Шефер К.) и др.

8.12.3. Этиология

Углекислый газ (угольный ангидрид, двуокись углерода) - бесцветный газ с кисловатым запахом и вкусом. Он почти в 1,5 раза тяжелее воздуха. В атмосферном воздухе углекислый газ содержится в виде примеси (около 0,03 об.%) и пополняется в основном за счет активности вулканов, жизнедеятельности микроорганизмов почвы и сжигания топлива. Относительное постоянство содержания CO_2 в атмосферном воздухе поддерживается благодаря поглощению его Мировым океаном и усвоению растительным миром. Однако концентрация углекислого газа в атмосфере Земли повышается в связи с деятельностью человека. По концентрации изотопов углерода в годовых кольцах деревьев ученые выдвинули гипотезу о том, что в середине XIX в. в атмосфере было 0,0268—0,0270 % CO_2 . За 22 года наблюдений (1958-1980) среднегодовая концентрация CO_2 в атмосфере над Гавайскими островами увеличилась с 0,033 до 0,036 %. Содержание CO_2 в атмосфере оказывает большое влияние на климат. В случае увеличения его концентрации в атмосфере Земли на 30 % растают все морские льды вследствие «парникового эффекта».

В организме животных и человека CO_2 образуется как конечный продукт окислительных процессов пищевых веществ.

Отравление углекислым газом у водолазов возникает, как правило, в результате накопления его по разным причинам в дыхательной газовой смеси при использовании водолазного снаряжения или при нахождении в барокамере.

В водолазной практике различают первичные и вторичные гиперкапнии. Последние представляют собой патогенетические звенья других специфических и неспецифических заболеваний водолазов. Классификация гиперкапний, возникающих у водолазов, представлена в табл. 34.

Таблица 34. Классификация гиперкапний, возникающих у водолазов (по Кулешову В.И., 1986)

Наименование гиперкапний	Основные причины	Ведущие патогенетические механизмы
Первичные:		
Гиперкапническая	Повышение парциального давления CO_2 во вдыхаемом воздухе или искусственной газовой смеси (гиперкапническая гиперкапния)	Увеличение парциального давления CO_2 в альвеолярном газе, затруднение выведения CO_2 из крови в легкие
Гиповентиляторная	Повышение плотности газовой среды, увеличение мертвого пространства	То же
Вторичные:		
Гистотоксическая	Отравление кислородом (гипероксическая гиперкапния)	Блокада кислородом гемоглобина, ответственного за выведение CO_2 из организма, изменения количества и активности дыхательных ферментов в тканях
	Отравление компонентами выхлопных газов и вредными веществами воздуха (гемическая гиперкапния)	Инактивация гемоглобина и тканевых дыхательных ферментов
Циркуляторная	Декомпрессионная болезнь, баротравма легких, обжиг водолаза	Газовая эмболия, уменьшение объема циркулирующей крови, нарушение трофики тканей. Патологическое перераспределение крови, застойные явления
Гиповентиляторная	Гипербарический наркоз	Тормозные влияния индифферентных газов на дыхательный центр и нейроны, управляющие актом дыхания

Гиперкапническая гиперкапния может возникнуть во всех видах водолазного снаряжения.

При использовании вентилируемого водолазного снаряжения отравление углекислым газом может быть в следующих случаях:

- при недостаточной (менее 80 л/мин) подаче воздуха в скафандр для вентиляции подшлемного пространства;
- при выполнении интенсивной физической работы без соответствующего увеличения вентиляции скафандра;

- при подаче водолазу в скафандр воздуха с повышенным содержанием CO_2 ;

- при обрыве, пережатии или закупорке шланга.

При использовании снаряжения с замкнутой схемой дыхания отравление CO_2 может наступить в следующих случаях:

- при использовании дыхательного аппарата с неисправным клапаном вдоха, через который при выдохе часть выдыхаемого газа поступает в дыхательный мешок, минуя патрон с ХП-И;

- при зарядке регенеративного патрона ХП-И с большой насыщенностью его CO_2 ;

- при работе под водой более допустимого срока;

- при спуске водолазов с незаряженным или неполностью заряженным регенеративным патроном ХП-И;

- при многократном использовании дыхательного аппарата без перезарядки регенеративного патрона свежим ХП-И.

Отравление CO_2 при использовании дыхательных аппаратов с открытой схемой дыхания может наступить только в том случае, когда баллоны аппарата заполнены воздухом с большим содержанием CO_2 .

Отравление водолазов CO_2 может наступить также в барокамере, когда периодическая вентиляция сжатым воздухом выполняется без соблюдения норм расхода воздуха и сроков ее проведения (см. п. 3.1 приложения 2).

Для того, чтобы понять этиологию отравления углекислым газом у водолазов, рассмотрим физиологическую картину нормокапнии и патофизиологическую картину гиперкапнической гиперкапнии.

Нормокапническое состояние организма имеется тогда, когда парциальное давление CO_2 в альвеолярном воздухе составляет 40 мм рт.ст. (5,6 %), напряжение его в артериальной крови — 40—43 мм рт.ст., в венозной крови — 46—48 мм рт.ст. и в тканях — 50—60 мм рт.ст.

Выведение CO_2 , образующегося в тканях организма, происходит вследствие разницы напряжения CO_2 между тканями и венозной кровью, между венозной кровью и парциальным давлением в альвеолярном воздухе, между выдыхаемым и окружающим воздухом.

Двуокись углерода от тканей к легким доставляется кровью в виде биохимических соединений в составе гидрокарбонатов калия и натрия, карбаминовых соединений гемоглобина и белков плазмы. Гидрокарбонатная система состоит преимущественно из гидрокарбонатов натрия (NaHCO_3), находящихся в плазме, и калия (KHCO_3), находящихся в эритроцитах. На эту систему приходится 80 % выводимого CO_2 . Карбаминовой фракцией из тканей выводится более 15 % всего CO_2 . Небольшое количество угольной ангидразы (около 1 %) реагирует с водой, образуя нестойкую, малодиссоциирующую угольную кислоту — H_2CO_3 . Остальная часть CO_2 выводится из плазмы через другие соединения. Около 2/3 всех соединений CO_2 находится в плазме и около 1/3 — в эритроцитах.

Выведению CO_2 из организма способствует его высокая диффузионная способность, которая в 30 раз больше кислородной диффузии. Благодаря наличию градиента напряжения CO_2 свободно диффундирует из тканей в плазму и эритроциты. В плазме реакция гидратации протекает

медленно. В эритроцитах, где имеется фермент угольная ангидраза, эта реакция протекает в 300 раз быстрее. Образовавшаяся угольная кислота мгновенно нейтрализуется, превращаясь в воду и CO_2 , гидрокарбонат калия, карбаминовые соединения гемоглобина в эритроцитах и гидрокарбонат в плазме. В легких с помощью той же карбоангидразы реакция гидратации протекает в обратном направлении с образованием газовой фазы CO_2 . Удаление CO_2 через легкие вызывает небольшое подщелачивание крови (увеличение pH), в результате чего сродство гемоглобина к O_2 увеличивается. В тканях эти процессы происходят в обратном направлении: поступающий из тканей CO_2 переходит в эритроциты, вследствие чего среда подкисляется (уменьшение pH), что вызывает увеличение отдачи кислорода тканям. В результате указанных процессов на долю эритроцитов приходится 95 % выведения CO_2 из организма, а уголекислота, регулируя процессы окисления гемоглобина и восстановления оксигемоглобина, способствует доставке O_2 клеткам организма.

В организме существуют физико-химические и физиологические механизмы поддержания кислотно-основного состояния на постоянном уровне (pH 7,36–7,40), несмотря на поступление в организм избыточного количества кислот и оснований. Физико-химический механизм обеспечивается буферными веществами (гидрокарбонатами, фосфатами, белками, гемоглобином), содержащимися в крови. Их действие основывается на нейтрализации кислых и щелочных соединений за счет образования либо нейтральных молекул, либо малодиссоциирующих кислот и оснований. Основную роль в стабилизации pH в тканях организма играет гидрокарбонатная система. При поступлении в кровь сильной кислоты она немедленно вытесняет более слабую угольную кислоту из гидрокарбонатов, образуя натриевую или калиевую соль, вследствие чего вместо сильной кислоты в крови появляется более слабая угольная. Увеличение в крови уголекислоты рефлекторно вызывает увеличение легочной вентиляции, выведение из организма избытка CO_2 и нормализацию pH. Аналогичным образом предотвращается сдвиг pH в щелочную сторону при поступлении в кровь оснований. К физиологическим механизмам сохранения кислотно-основного состояния относятся гипервентиляция и удаление через почки избытка органических кислот или двууглекислого натрия в случае поступления в организм большого количества оснований. Затруднение выведения CO_2 из организма возникает вследствие уменьшения градиента CO_2 между альвеолярным воздухом и дыхательной газовой средой либо при росте в ней парциального давления CO_2 , либо при недостаточной вентиляции легких.

Вторичные гиперкапнии (гистотоксическая, циркуляторная, гиповентиляторная) представляют собой патогенетические звенья специфических или неспецифических заболеваний водолазов.

Гистотоксическая гиперкапния возникает при отравлении кислородом (гипероксическая гиперкапния) и выхлопными газами, а также некоторыми вредными веществами воздуха (гемическая гиперкапния). В первом случае выведение CO_2 гемоглобином блокировано O_2 , во втором случае инактивация гемоглобина и тканей дыхательных фермен-

тов обусловлена окисью углерода, окислами азота и другими метгемоглобинообразователями.

Циркуляторная гиперкапния может быть осложнением обжима во-долазов, сопровождающегося существенным перераспределением крови и декомпенсацией сердечно-сосудистой системы. Указанная форма гиперкапнии может возникать при газовой эмболии как следствие декомпрессионной болезни или баротравмы легких.

Вторичная гиповентиляторная гиперкапния возникает при терминальной стадии наркоза индифферентными газами в результате тормозных влияний на дыхательный центр и нейроны, управляющие актом дыхания.

Первичная гиповентиляторная гиперкапния может возникнуть вследствие увеличения сопротивления дыханию в результате возрастания плотности газовой среды или неисправности дыхательных аппаратов и проявляется чаще всего при физической нагрузке под повышенным давлением.

8.12.4. Патогенез

Важное значение в патогенезе токсического действия углекислого газа на организм имеют реакции на гиперкапнию со стороны центральной нервной системы, сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

ЦНС формирует комплекс ответных защитно-приспособительных реакций, направленных на быструю ликвидацию повышенного содержания CO_2 в крови, предотвращение его неблагоприятного воздействия на нервные клетки. Механизм токсического действия CO_2 на нервные клетки до конца не выяснен, однако имеются сообщения, что у него много общего с действием наркотиков и, в частности, высокого парциального давления азота (Лазарев Н.В., 1941; Bennett P., Elliott D., 1975). Наиболее чувствительна к гиперкапнии кора головного мозга.

Сравнительно невысокие концентрации CO_2 после кратковременной фазы возбуждения в нервных клетках вызывают торможение (Сергиевский М.В., 1950), которое сопровождается появлением сонливости, переходящей в сон. При высокой концентрации CO_2 (6-10 %) наблюдаются быстрое угнетение функций ЦНС и наркотический сон. В дальнейшем торможение распространяется на подкорковые образования мозга и жизненно важные центры продолговатого мозга (Сулимо-Самуйло 3.С., 1971).

Токсическое действие CO_2 на организм человека зависит от скорости увеличения парциального давления CO_2 во вдыхаемой газовой смеси и его величины. При дыхании газовой смесью с быстро нарастающей концентрацией CO_2 расстройства появляются раньше и имеют более выраженный характер, чем при медленном повышении содержания CO_2 до той же величины. Длительное воздействие CO_2 вызывает более существенные сдвиги функции организма, чем кратковременное воздействие. Зависимость различных эффектов токсического действия CO_2 от концентрации его во вдыхаемой смеси и времени дыхания (по Роту и Биллингсу) показана на рис. 125.

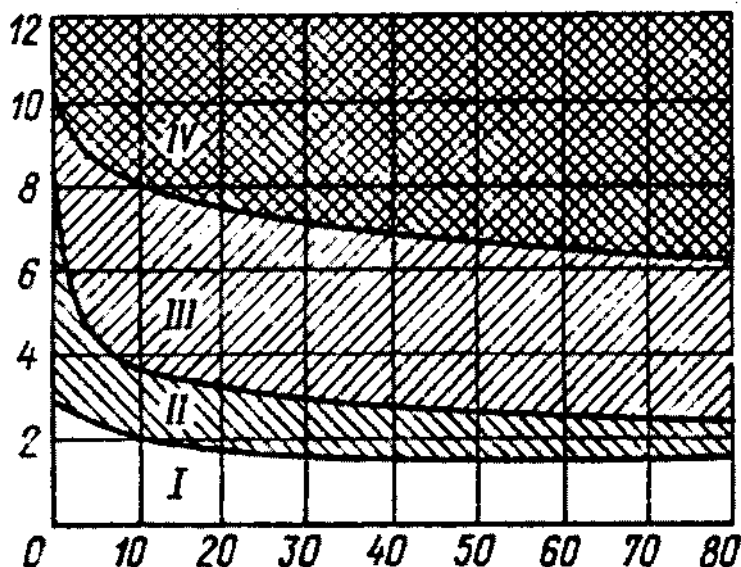


Рис. 125. Классификация различных эффектов действия CO_2 в зависимости от концентрации в дыхательной смеси и экспозиции (по Роту и Биллингсу, 1973).

По оси абсцисс — время, мин; по оси ординат — концентрация CO_2 в ДГС, %.

I — индифферентная зона, II — зона незначительных физиологических сдвигов, III — зона выраженного дискомфорта, IV — зона глубоких функциональных расстройств, потери сознания

Динамика острого и хронического отравления CO_2 различна.

При остром отравлении бурно и заметно протекает процесс компенсации и также быстро наступает декомпенсация.

При хроническом отравлении процессы компенсации выражены слабее, состояние относительно устойчивой адаптации сохраняется долго, а декомпенсация развивается через длительное время.

В отличие от нормального давления в условиях гипербарической плотности чувствительность дыхательного центра к CO_2 снижается даже в покое, когда имеется еще большой резерв вентиляции для компенсации накопления CO_2 . Имеется предположение, что в этом случае восстановленный гемоглобин при пониженном pH крови вследствие задержки CO_2 обладает большей способностью образования карбаминных соединений с CO_2 , создавая карбгемоглобин без большого вмешательства в образование оксигемоглобина (Vail E.G., 1971). Некоторое значение имеет также специфическая для водолазов пониженная вентиляторная реакция CO_2 даже в нормальных условиях (Schaefer K.E., 1955; Lanphier E.H., 1969). Предполагается, что в процессе продолжительной работы водолазы адаптируются к повышенному парциальному давлению углекислого газа, в связи с чем их своеобразная реакция на CO_2 является приобретенной (Lanphier E.H., 1964; Schaefer K.E.,

1969). Кроме того, установлено, что при физической нагрузке вентиляционная реакция на CO_2 у водолазов в отличие от людей, не связанных с подводными погружениями, снижена на 20 %, а неврогенный компонент общей реакции — на 35—45 %, что может свидетельствовать о понижении хемочувствительности у водолазов (Lally DA. et al., 1974). Это выражается в заниженной вентиляции легких под водой даже при использовании совершенного водолазного снаряжения (Goff L.G. et al., 1957). Парциальное давление CO_2 в альвеолярном воздухе у квалифицированных водолазов при тяжелой физической работе может превышать 70 мм рт.ст., хотя другие физиологические реакции у них более адекватны, чем у водолазов-новичков (Jarrett A.S., 1966).

Механизм действия CO_2 при острой гиперкапнии представлен в табл. 35.

При гиперкапнической гиперкапнии отравляющее действие вызывает эндогенный CO_2 , образовавшийся в клетках организма. В первые же минуты дыхания воздухом с повышенным парциальным давлением

Таблица 35. Механизм действия углекислого газа при острой гиперкапнии (по Кулешову В.И., 1986)

Анатомо-физиологические системы	Основные сдвиги в периоды	
	компенсации	декомпенсации
Дыхание	Увеличение легочной вентиляции	
Альвеолярный воздух	Постоянство pCO_2	Увеличение pCO_2
Артериальная кровь	Постоянство pCO_2	Увеличение pCO_2
Хеморецепторы, хемосенстр	Тонус повышен	Снижение чувствительности
Нейроны ретикулярной формации	Тонус повышен	Снижение чувствительности
Вегетативная нервная система (симпатический отдел)	Тонус повышен	
Гипофиз-адреналовая система	Стимуляция	Истощение
Щелочной резерв крови	Мобилизация	Истощение
Сердце	Брадикардия	Тахикардия
	Увеличение минутного объема крови	
Сосуды сердца, мозга	Расширение, кровоток увеличен	
Периферические сосуды	Сужение, увеличение диастолического АД	Расширение, снижение АД
Система крови	Эритроцитоз, лейкоцитоз, моноцитоз	
Выделительная и пищеварительная системы	Повышенная потливость, гиперсаливация, повышенная кислотность, увеличение диуреза, понижение pH мочи, увеличение в ней концентрации солей фосфорной кислоты	
Центральная нервная система, кора больших полушарий	Повышение тонуса и координирующей функции	Снижение тонуса и координирующей функции
Вторичные явления	Ацидоз, угнетение метаболизма, нарушение внутриклеточного гомеостаза и минерального обмена, уменьшение потребления O_2 , снижение температуры организма, наркоз, «обратное действие» CO_2	

CO₂ образующиеся в избытке кислые радикалы нейтрализуются буферными системами крови (гидрокарбонатной, фосфатной, белковой и гемоглобиновой). Однако имеющийся в организме щелочной резерв не способен нейтрализовать увеличившееся количество CO₂, в результате чего включаются физиологические механизмы: гипервентиляция, усиление работы сердца и почек по реабсорбции Na. По мере истощения щелочного резерва до критического уровня уменьшается pH крови. Снижение pH на 0,1—0,2 по сравнению с нормой может оказаться губительным для организма.

Постоянство парциального давления CO₂ обеспечивается влиянием на дыхательный центр рефлекторных и гуморальных стимулов. Рефлекторно оно осуществляется через хеморецепторы, находящиеся в каротидных и аортальных зонах, а гуморально — непосредственным воздействием CO₂, содержащегося в спинномозговой жидкости, на центральную хеморецепторную зону или хемоцентр в области IV желудочка головного мозга. Дыхательный центр очень чувствителен к повышению концентрации CO₂ в крови. Увеличение содержания CO₂ в альвеолах всего на 0,22 % ведет к возрастанию легочной вентиляции вдвое. Парциальное давление CO₂ в альвеолярном газе устойчиво поддерживается и при нахождении человека под повышенным давлением в барокамере или в водолазном снаряжении под водой.

Из тканей клеткам венозная кровь транспортирует CO₂ в виде кислых солей угольной кислоты (51 об.%), карбгемоглобина (4,5 об.%) и в виде физически растворенного CO₂. Под влиянием повышенного содержания CO₂ в крови в период компенсации частота сердечных сокращений уменьшается, но при этом увеличивается сила сокращений. Непосредственное и рефлекторное действие повышенного напряжения CO₂ на вазомоторный центр проявляется сужением сосудов. В целом при воздействии повышенного содержания CO₂ в организме в период компенсации функциональная деятельность сердечно-сосудистой системы усиливается: увеличивается ударный объем сердца и минутный объем крови, повышается максимальное и минимальное артериальное давление.

В период декомпенсации развивается тахикардия, местное сосудорасширяющее действие CO₂ на стенки артериол превалирует над центрально-рефлекторным. Вследствие этого ударный объем сердца уменьшается, снижается артериальное давление, уменьшается минутный объем крови. Это особенно четко проявляется со стороны кровоснабжения сердца и мозга, в которых преобладает местная сосудорасширяющая реакция.

При дыхании гиперкапнической смесью в компенсаторный период увеличивается количество эритроцитов, активируется эритропоэтическая функция костного мозга, отмечается лейкоцитоз.

В период декомпенсации наступает увеличение вязкости крови и снижение осмотической стойкости эритроцитов.

При гиперкапнии изменяется соотношение химически связанного и растворенного CO₂ за счет увеличения последнего и падает артериовенозная разница по CO₂. В результате этих изменений затрудняется образование в легких оксигемоглобина, угнетается тканевое дыхание и

снижается активность окислительных ферментов, что приводит к возникновению кислородного голодания (развивается гиперкапническая гипоксия) и к нарастанию метаболического ацидоза.

В условиях гиперкапнической гипоксии изменяются все виды обмена: ферментативный, углеводный, белковый, минеральный. Падает активность сукцинатдегидразы и цитохромоксидазы различных тканей, уменьшается скорость синтеза гликогена в мышцах и печени, увеличивается концентрация молочной и пировиноградной кислот в крови и спинномозговой жидкости, а также остаточный азот печени. Вследствие снижения интенсивности обменных процессов и гипервентиляции при гиперкапнии происходит снижение температуры тела.

Действие высоких концентраций CO_2 на ЦНС проявляется вначале возбуждением, а затем угнетением всех ее отделов. Наиболее устойчивыми к токсическому действию CO_2 оказываются сосудодвигательный и дыхательный центры.

Наиболее чувствительны к действию повышенного парциального давления CO_2 молодые образования ЦНС. Раньше всего угнетается кора больших полушарий головного мозга. В результате этого наблюдаются клонические и тонические судороги вследствие возбуждения нижележащих отделов ЦНС, освободившихся из-под контроля коры головного мозга. Деятельность спинного мозга угнетается в последнюю очередь. При этом судороги прекращаются, вслед за чем в любой момент возможна остановка дыхания и сердечной деятельности.

При выведении животного из атмосферы с концентрацией CO_2 порядка 25 % после пребывания в ней более суток также возникают приступы тонических и клонических судорог. Этот эффект называют «обратным действием» или последействием CO_2 (Альбицкий П.М., 1911; Голодов И.И., 1946). Причина таких судорог состоит в перевозбуждении центров спинного мозга, освободившихся от угнетающего действия CO_2 , но не испытывающих еще тормозящего влияния со стороны вышших отделов ЦНС, особенно коры головного мозга, которые освобождаются от действия CO_2 позднее спинного мозга.

Отравление CO_2 усугубляется при перегревании или переохлаждении организма.

Следует отметить, что CO_2 усиливает токсическое действие кислорода и наркотическое действие азота, снижает устойчивость к декомпрессионному газообразованию.

8.12.5. Клиника

Клиническая картина отравления CO_2 зависит от его концентрации во вдыхаемом воздухе, скорости ее нарастания, времени действия и эффективности приспособительных механизмов. Отравление протекает в 3 формах: острой, подострой и хронической. В водолазной практике отравление CO_2 чаще встречается в острой форме, для которой характерно быстрое развитие компенсаторных реакций, а при более высоких концентрациях - патологических.

При отравлении CO_2 водолазы предъявляют жалобы на чувство жара, появляются одышка, сердцебиение, шум в ушах, потливость, слюнотечение, тошнота и рвота.

Если нарастание CO_2 во вдыхаемой газовой смеси происходит сравнительно медленно, то условно можно определить 4 последовательные стадии острого отравления: предвестников, одышки, судорог и наркоза.

1-я стадия — стадия предвестников (начальных проявлений) — наступает при содержании CO_2 во вдыхаемой газовой смеси в пределах 1,5—3 %, приведенных к условиям нормального давления. Для этой стадии характерны чувство жара, умеренная эйфория, снижение внимания, легкое головокружение, головная боль, более глубокое дыхание, снижение физической работоспособности, потливость, усиление саливации, бронхиальной и желудочной секреции.

2-я стадия — стадия одышки — возникает при дыхании воздухом, содержащим 3-6 % CO_2 при экспозиции 20-100 мин. Типичными симптомами для указанной стадии отравления CO_2 являются выраженное чувство жара, сильная одышка, головокружение, пульсирующая головная боль, сонливость. При осмотре определяются вначале бледность, а затем гиперемия кожных покровов, набухание подкожных вен. Отмечаются небольшая эйфория, повышенная потливость, гиперсаливация. Учащается пульс, как правило, повышается артериальное давление, в большей степени диастолическое. Тоны сердца приглушены. При электрокардиографии обнаруживаются увеличение вольтажа зубцов и уширение интервала Р—Q, свидетельствующие о повышенной возбудимости миокарда и замедлении предсердно-желудочковой проводимости.

3-я стадия - стадия судорог - наступает при содержании CO_2 во вдыхаемой газовой смеси 6—10 % при экспозиции 5—25 мин. Для указанной стадии характерно наличие декомпенсации с развитием патологических реакций организма. Ведущим симптомом являются судороги клонического характера мышц всего тела, сопровождающиеся затрудненным продолжительным выдохом. Кожные покровы цианотичны, зрачки сужены, артериальное давление снижено, частота сердечных сокращений уменьшена, тонус периферических сосудов ослаблен, вязкость крови увеличена, осмотическая стойкость эритроцитов понижена. Возможна потеря сознания.

4-я стадия - стадия наркоза - появляется при дыхании в течение нескольких минут газовой смесью с содержанием CO_2 более 10 %. Быстро развивается общая заторможенность. Судороги ослабевают из-за истощения нервной системы. Отмечаются редкое дыхание, брадикардия, расширение зрачков. Наступает сон, переходящий в наркоз после кратковременного возбуждения. Возможно наступление смерти от паралича дыхательного и сосудодвигательного центров.

При резком переходе на дыхание атмосферным воздухом (выведении пострадавшего из углекислотного наркоза) могут быть судороги как проявление «обратного действия» CO_2 .

Хроническая гиперкапния возникает при многомесячном пребывании человека в гиперкапнической среде с содержанием CO_2 0,5—2 %.

В ее течении выделяют стадии компенсации, относительно устойчивой адаптации и дезадаптации.

В стадии относительно устойчивой адаптации хронической формы отравления CO_2 определяются умеренное повышение легочной вентиляции, увеличение щелочного резерва крови и небольшое снижение метаболизма в тканях организма. В этот период сохраняется работоспособность и остается достаточно высокий уровень физиологических резервов организма.

В стадии дезадаптации появляются дистонические реакции, отмечаются снижение щелочного резерва крови и сдвиг кислотно-основного состояния в сторону ацидоза. Это приводит к адренокортикальному истощению, нарушению электролитного баланса, астенизации и снижению работоспособности.

8.12.6. Оказание помощи и лечение

Первая помощь при отравлении углекислым газом должна оказываться пострадавшему водолазу еще под водой. В случае появления признаков отравления углекислым газом при работе водолаза в вентилируемом снаряжении необходимо дать указание водолазу прекратить работу и хорошо провентилироваться. Если водолаз потерял сознание (не отвечает на сигналы с поверхности) или его нельзя поднять на поверхность вследствие запутывания, то к нему спускают страхующего водолаза, который оказывает пострадавшему первую помощь и вместе с пострадавшим поднимается на поверхность без соблюдения режима декомпрессии.

На поверхности с пострадавшего водолаза быстро снимают снаряжение, немедленно помещают в барокамеру вместе со страхующим водолазом или водолазным врачом (фельдшером) и создают давление воздуха, равное давлению воды на глубине спуска. В барокамере пострадавший выдерживается до улучшения общего самочувствия, после чего проводится декомпрессия по режиму, выбранному с учетом величины давления в барокамере, времени пребывания под давлением и состояния пострадавшего. При выборе режима декомпрессии за время пребывания под наибольшим давлением принимается время от начала спуска под воду до начала снижения давления до 1-й остановки в барокамере.

При возникновении отравления CO_2 у водолаза, спускающегося в снаряжении с замкнутым или полужамкнутым циклом дыхания, его необходимо поднять на поверхность. При невозможности подъема к пострадавшему спускают страхующего водолаза, который проверяет открытие крышки травяще-предохранительного клапана на дыхательном мешке, вентилирует дыхательный мешок пострадавшего кислородом с помощью байпаса, устраняет запутывание водолаза, после чего обоих водолазов поднимают на поверхность. На поверхности пострадавшего выключают из аппарата и переводят на дыхание кислородом из другого аппарата.

При показаниях проводятся реанимационные мероприятия (см. приложение 18) и симптоматическое лечение.

Объем медицинской помощи пострадавшему водолазу зависит от степени тяжести заболевания.

В стадии одышки достаточно переключить водолаза на дыхание воздухом без примеси CO_2 , так как при этом симптомы отравления CO_2 быстро исчезают. При упорных головных болях пострадавшему однократно внутримышечно вводится 1 мл 50 %-ного раствора анальгина, а в дальнейшем назначают амидопирин, цитрамон, пиронал, седальгин или другой анальгетик в терапевтических дозах. Проводится его согревание. Под давлением 10 м вод.ст. и менее назначается ингаляция кислородом. Ингаляция кислородом показана при любой степени гиперкапнии, но особенно она необходима при ослаблении внешнего дыхания.

У больного, перенесшего судорожный приступ, или при продолжающихся экспираторных судорогах оказание медицинской помощи должно быть направлено на снятие судорожных приступов (если они продолжаются) и нормализацию деятельности кардиореспираторной системы. Для снятия судорог внутримышечно однократно вводится «литическая смесь» (1 мл 2,5 %-ного раствора аминазина, 2 мл 1 %-ного раствора димедрола и 2 мл 2 %-ного раствора промедола) в одном шприце или средства, рекомендованные для купирования приступа судорог при отравлении кислородом (см. п. 8.10.5). Для поддержания деятельности сердечно-сосудистой системы подкожно вводится 1 мл 10 %-ного раствора коразола и 2 мл кордиамина. При явлениях выраженной сердечной недостаточности показано применение 10—20 мл 40 %-ного раствора глюкозы с 0,5 мл 0,05 %-ного раствора строфантина или 1 мл 0,06 %-ного раствора коргликона внутривенно. При ослабленном дыхании лечение дополняют этимизолом (по 3 мл 1,5 %-ного раствора внутримышечно).

В стадии наркоза при отсутствии у пострадавшего естественного дыхания и остановке сердечной деятельности производят искусственную вентиляцию легких способом «изо рта в рот», «изо рта в нос» или с помощью аппаратов искусственной вентиляции легких, а также непрямой массаж сердца (см. приложение 18). После выведения пострадавшего из состояния тяжелой гиперкапнии его следует считать тяжелобольным, требующим стационарного лечения. Доставка в стационар осуществляется в сопровождении медицинского работника. В течение первых суток после вывода пострадавшего из состояния гиперкапнии у него могут наблюдаться остаточные явления в виде головной боли, общей слабости, чувства стеснения в груди. Наряду с этим могут развиться бронхит, пневмония и даже отек легких и мозга.

Для предупреждения пневмонии назначают антибиотики или сульфаниламидные препараты. Для профилактики отека мозга внутримышечно вводят 0,025—0,05 г кортизона в виде суспензии или внутривенно 30 мг преднизолона в виде суспензии. Для предупреждения «обратного действия» CO_2 придыхании атмосферным воздухом назначают 1–2 мл 2, %-ного раствора супрастина или 2 мл 1 %-ного раствора димедрола внутримышечно. Во избежание рецидивов приступов судорог назначают 5 мл 5 %-ного раствора барбитала внутривенно.

В тяжелых случаях отравления углекислым газом квалифицированная и специализированная помощь оказывается в условиях стационара.

8.12.7. Профилактика

Профилактика отравления CO_2 достигается тщательной подготовкой и рабочей проверкой водолазного снаряжения и барокамер, соблюдением правил их эксплуатации и устранением причин, способствующих накоплению CO_2 в газовой смеси. Водолазный состав и руководители водолазных спусков должны хорошо знать причины развития гиперкапнии, основные симптомы отравления углекислым газом и приемы оказания первой помощи пострадавшему водолазу.

При выполнении работы в вентилируемом водолажном снаряжении необходимо подавать в скафандр не менее 80—120 л сжатого воздуха в минуту. При этом следует исключать случаи крутых изгибов шлангов, которые могут уменьшать сечение внутреннего канала шланга. Перед началом выполнения водолазом работы необходимо увеличить подачу воздуха в скафандр. При появлении начальных признаков отравления углекислым газом необходимо прекратить работу и хорошо провентилировать скафандр.

При спусках в снаряжении с замкнутой или полужамкнутой схемой дыхания нельзя допускать случаи использования неисправных аппаратов. Особое внимание должно обращаться на исправность работы клапанов клапанной коробки (особенно клапана вдоха) и на наличие в регенеративном патроне ХП-И, время его зарядки и качество (в свежем ХП-И содержание CO_2 не должно превышать 20 л/кг). Следует исключать случаи повторных спусков водолазов без перезарядки регенеративных патронов свежим ХП-И. При появлении первых признаков отравления CO_2 (одышки, чувства недостатка дыхательной смеси на вдох, жара, головной боли и др.) необходимо прекратить работу, заменить дыхательную смесь в дыхательном мешке путем однократной промывки системы «аппарат — легкие». При повторном возникновении симптомов отравления CO_2 водолаз должен сделать однократную промывку дыхательного мешка аппарата кислородом и начать подачу на поверхность.

При спусках в условиях отрицательных температур воздуха необходимо принимать меры предупреждения образования ледяных пробок в шланговых соединениях или примерзания клапанов дыхательных аппаратов.

Для исключения случаев отравления CO_2 у водолазов в период пребывания их в барокамерах необходимо проводить периодическую вентиляцию воздухом в соответствии с п. 3,1 приложения 2, а также в случае предъявления водолазами жалоб, свидетельствующих о признаках отравления CO_2 . При использовании системы регенерации барокамеры необходимо своевременно перезаряжать кассеты свежим ХП-И, контролировать содержание CO_2 в барокамере. Концентрация CO_2 в барокамере не должна превышать 1 %, приведенного к нормальному барометрическому давлению.

8.13. Отравление выхлопными газами

8.13.1. Определение

Отравление выхлопными газами представляет собой патологическое состояние, в основе которого лежит развитие острой гемической и дыхательной гипоксии, вызванной нарушением дыхательной функции гемоглобина, процессов газообмена в легких и в тканевых капиллярах.

8.13.2. Историческая справка

Впервые с проблемой техногенного загрязнения атмосферы столкнулись в Лондоне, где в 1257 г. появились жалобы на загрязнение воздуха. В 1276 г. король Эдуард I запретил жечь уголь в столице, а один из нарушителей закона был повешен. Однако с 1600 г. основным видом топлива все же стал каменный уголь, в результате чего к концу века концентрация вредных веществ в атмосфере достигла современной предельно допустимой нормы и удерживалась на этом уровне 200 последующих лет, а Лондон снижал славу одного из самых задымленных городов мира. Английский климатолог ГЛэмб на основе изучения 200 картин английских и голландских художников установил, что на картинах 1550—1568 гг. облака занимают около 45 % видимого неба, а в 1790—1840 гг. облачность увеличилась до 70—75 %. ГЛэмб связал это наблюдение с усилением континентальности климата и влиянием техногенного загрязнения воздуха. После появления двигателей внутреннего сгорания, увеличения сжигания топлива, уничтожения лесов, роста промышленных выбросов в атмосфере происходит рост содержания углекислого газа, окиси углерода, аэрозолей, пыли и других вредных веществ с одновременным уменьшением количества кислорода. По данным Р.К.Баландина и Л.Г.Бондарева (1988), токсический туман (смог) в 1952 г. стал причиной преждевременной смерти около 4 тысяч человек, страдавших сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Окись углерода открыл в 1799 г. английский ученый Дж.Пристли. Оксиды азота синтезировал в 1784–1785 гг. Г.Кавендиш. Типичная картина отравлений окислами азота была описана Hamilton (1925), Zangger (1926), Дьяковым (1930), FluryNZernik(1930), С.Лихачевым(1931) и др. Первое описание отравления выхлопными газами на американской подводной лодке было выполнено в 1952 г. ХДж.Элвисом и Танкером.

Важное значение для разработки методов оказания помощи и мер профилактики отравлений выхлопными газами имели работы, связанные с изучением физико-химических характеристик и этиопатогенеза отравлений основными компонентами выхлопных газов — окисью углерода и окислами азота. Возможность окисления СО до СО₂ была впервые показана П.Р.Покровским в 1864 г. В дальнейшем наличие окисления СО до СО₂ в организме было показано Брекинджером. Первые сведения о содержании окиси углерода в крови при отсутствии экзогенных источников ее образования были получены в 1894 г. Греантом в опытах на собаках. В классических опытах Дж.Холдейна (1895) было сделано первое

обоснование применения гипербарической оксигенации (ГБО) при отравлении СО: животные выживали в барокамере в газовой среде, состоящей из 2 кгс/см² О₂ и 1 кгс/см² СО, хотя весь гемоглобин был блокирован окисью углерода. В 1900 г. этот опыт был повторен А.Моссо. В 1919—1920 гг. Д.Баркрофт, используя ГБО, успешно лечил отравления токсичными газами, включая СО. В 1950 г. Н.Пейс, Е.Стрежман и Е.Уолкер сообщили о наличии лечебного эффекта ГБО при отравлении СО. В 1958–1959 гг. отечественный исследователь К.М.Рапопорт опубликовал данные о лечении 24 пострадавших, которые после ГБО были здоровыми, тогда как из другой группы (4 пострадавших, не прошедших ГБО) один умер, а остальные получили осложнения. И.А.Сапов и соавт. (1975) на основе 74 наблюдений пришли к выводу о том, что при применении ГБО летальность от отравления СО снижается в 8 раз.

Эффективность ГБО при отравлении окислами азота была показана в 1896 г. R.Makgill и соавт.

8.13.3. Этиопатогенез

Выхлопные газы от двигателей внутреннего сгорания представляют собой смесь целого ряда вредных веществ, среди которых наиболее токсичными являются окись углерода (СО), окислы азота (NO_x, NO и др.) и углекислый газ (СО₂). Кроме того, выхлопные газы содержат альдегиды, кетоны, органические кислоты и перекиси, углеводороды и частицы несгоревшего топлива, обладающие раздражающим действием. В выхлопных газах автомобилей содержится около 200 химических соединений, в том числе кроме перечисленных вредных веществ ядовитая окись свинца. Наибольшую опасность из компонентов выхлопных газов представляют окись углерода, составляющая около 6—8 % объема выхлопных газов, и окислы азота (1,5–2 %).

Отравление выхлопными газами в водолазной практике может возникнуть при использовании водолазного снаряжения, в котором для дыхания водолаза применяется сжатый воздух (вентилируемое снаряжение, снаряжение с открытой схемой дыхания, снаряжение с полужамкнутой схемой дыхания), а также в барокамерах в случае подачи в них воздуха, загрязненного выхлопными газами.

Загрязнение выхлопными газами воздуха, используемого для дыхания водолазов, может возникнуть в следующих случаях:

- при неисправности работающего компрессора;
- при расположении всасывающего патрубка компрессора вблизи выхлопной трубы двигателя внутреннего сгорания;
- при заносе ветром к всасывающему патрубку компрессора выхлопных газов от собственного двигателя внутреннего сгорания или двигателей рядом стоящих судов, наземных транспортных и технических средств, дыма от промышленных или бытовых объектов;
- при возгорании шихты фильтров очистки воздуха.

Отравлению выхлопными газами способствуют тяжелая физическая работа, перегревание или переохлаждение организма, умственное или

физическое переутомление, повышенное парциальное давление углекислого газа и азота.

Патологический процесс в результате воздействия на организм выхлопных газов заключается в следующем.

Оксись углерода — бесцветный газ, без запаха и вкуса, немного легче воздуха, плохо растворим в воде, не сорбируется активированным углем. Попадая из альвеолярного воздуха в кровь, окись углерода вступает во взаимодействие с гемоглобином, очень легко образуя карбоксигемоглобин (HbCO), так как сродство гемоглобина к окиси углерода в 360 раз больше, чем к кислороду. Даже 0,1 % CO в воздухе при нормальном давлении приводит к превращению 80 % гемоглобина в карбоксигемоглобин. Диссоциация карбоксигемоглобина осуществляется очень медленно по сравнению с оксигемоглобином (период полувыведения CO равнее 5 ч). Практически COHb не участвует в переносе кислорода из легких к тканям, что приводит к гемической гипоксии, одышке и избыточному удалению из организма CO_2 . Развивающаяся гипокания еще больше ухудшает диссоциацию оксигемоглобина и снабжение тканей кислородом. Имеются также данные о том, что окись углерода оказывает непосредственное воздействие на нервную систему, миокард и другие структуры, изменяя активность некоторых ферментов тканей, в частности цитохромоксидазы. Первые признаки отравления выхлопными газами наблюдаются при содержании в крови 10–30 % карбоксигемоглобина, отравление средней тяжести — при содержании 30–60 %, тяжелая степень отравления — при содержании 60–80 % и более, а при более 80 % наступает смерть. Летальные исходы от отравления CO составляют 17,5 % от общего количества смертельных экзогенных отравлений (Лужников Е.А., 1982).

Окислы азота при обычных температурах представляют собой бурые пары. Помимо раздражающего действия на легочную ткань окислы азота ухудшают дыхательную функцию крови, образуя при взаимодействии с гемоглобином довольно устойчивое и медленно диссоциирующее соединение — метгемоглобин (MtHb). Это переокисленный гемоглобин, в котором железо вместо 2-валентного превращается в 3-валентное. Большое количество MtHb в крови нарушает транспорт кислорода к тканям и может привести к смерти.

Следует иметь в виду, что токсичность вредных веществ, попавших в атмосферный воздух, возрастает пропорционально величине давления. Так, например, содержание CO в воздухе в концентрации 0,34 мг/л в условиях нормального давления вызывает лишь начальные симптомы отравления (головную боль, головокружение) через 4–5 ч, а дыхание воздухом с такой концентрацией CO на глубине 50 м приведет к тяжелой интоксикации в течение первых десятков минут экспозиции.

Имеются экспериментальные и клинические данные, свидетельствующие о потенцировании (взаимоотягощении) действия на организм окиси углерода и окислов азота. Такой эффект отчетливо проявляется при воздействии высоких концентраций этих газов, что объясняется односторонним влиянием на систему транспорта кислорода и фер-

ментные системы биологического окисления, а также быстро наступающей кислородной недостаточностью вследствие поражения легочной ткани окислами азота (Саватеев Н.В., 1974).

В условиях повышенного давления, когда в газовой среде содержится повышенное парциальное давление кислорода, явления кислородного голодания у водолаза на грунте могут не возникать, так как недостаток кислорода, поставляемого оксигемоглобином, может компенсироваться избыточно растворенным кислородом под давлением в плазме крови. В данном случае явления гипоксии у пострадавшего могут развиваться после выхода на поверхность в период дыхания атмосферным воздухом.

8.13.4. Клиника

Градация клинических симптомов отравления окисью углерода в зависимости от ее концентрации и продолжительности воздействия в условиях нормального атмосферного давления, предложенная Н.В.Лазаревым (1963), представлена в табл. 36.

Таблица 36. Токсичность окиси углерода для человека

Концентрация СО		Длительность действия	Содержание СОНб в крови, %	Симптомы отравления
%	мг/л			
0,01	0,11	6,5 ч	8–10	Симптомов отравления нет
0,03	0,34	5,0 ч	26–27	Головная боль. Ощущение пульсации в висках. Головокружение
0,07–0,12	0,80–1,15	3–4 ч	47–53	Сильная головная боль, слабость, головокружение, тошнота, рвота, коллапс
0,12–0,17	1,26–1,72	1,5–3 ч	55–60	Учащение дыхания и пульса. ома, судороги. Дыхание Чейна–Стокса
0,18–0,2	1,84–2,3	1–1,5 ч	61–64	Потеря сознания, коллапс. Возможна смерть
0,3–0,5	3,40–5,70	20–30 мин	73–76	То же
0,5–1,1	5,70–11,5	2–5 мин	73–76	То же
1,4	14,08	1–3 мин	—	Потеря сознания, рвота, смерть

При легкой форме отравления выхлопными газами пострадавшие предъявляют жалобы на общую слабость, повышенную утомляемость даже при незначительных физических нагрузках, на головную боль, пульсацию в височных артериях, шум в ушах, мелькание перед глазами, сердцебиение, иногда тошноту. При осмотре отмечают розовые мочки ушей, небольшое понижение мышечного тонуса, тремор век и пальцев вытянутых рук, повышение сухожильных рефлексов, одышка (нередко с кашлем), тахикардия. Определяются эритроцитоз, ретикулоцитоз, нейтрофильный лейкоцитоз. Выздоровление наступает через 1–2 сут.

При отравлении средней тяжести вышеуказанные симптомы у пострадавшего более выражены. Отмечаются различные по продолжительности помрачение или потеря сознания. Наступают резкая мышечная слабость и адинамия, что исключает возможность самостоятельного передвижения. Наряду с этим появляются нарастающая сонливость, заторможенность, безразличие к окружающей обстановке, провалы памяти, немотивированные поступки. При осмотре может определяться слегка розовая окраска кожи, одышка, частый пульс, снижение артериального давления, глухие тоны сердца. По данным ЭКГ-исследований определяются признаки выраженной гипоксии миокарда и участки некроза. Отмечаются увеличение количества эритроцитов и замедление СОЭ. В ряде случаев наблюдается глюкозурия. Выздоровление наступает медленно, может длительное время сохраняться астеническое состояние.

При отравлении выхлопными газами в тяжелой степени кожа и видимые слизистые имеют розовый цвет с цианотичным оттенком. Наряду с потерей сознания быстро прогрессирует коматозное состояние, заканчивающееся остановкой дыхания. Зрачки расширены, не реагируют на свет. Появляются клонические и тонические судороги. Артериальное давление понижено, тоны сердца глухие, на верхушке выслушивается систолический шум, пульс частый. Отмечается аритмия дыхания типа Чейна — Стокса.

Может наступить опасный для жизни отек легких, который приводит к синему или серому типу гипоксемии. Синий тип характеризуется резко выраженным цианозом кожных покровов, учащенным и клочковатым дыханием, кашлем с обильной пенистой мокротой, нередко с примесью крови. Пульс частый, удовлетворительного наполнения и напряжения, артериальное давление нормальное или немного повышенное. Серый отек прогностически более опасен, так как он нередко осложняется коллапсом. Кожные покровы и видимые слизистые имеют бледно-серый цвет. Пульс частый, нитевидный, артериальное давление низкое.

При замедленном течении тяжелого отравления угарным газом может развиваться асфиксическая или эйфорическая форма. Асфиксическая форма характеризуется развитием у пострадавшего асфиксии и комы, а затем появлением вялых параличей на фоне нарастающих расстройств функций центральной нервной системы. При эйфорической форме отравления на первый план выступает речевое и двигательное возбуждение, напоминающее алкогольное опьянение.

Молниеносное течение отравления развивается в 2 формах: апоплексической и синкопальной. При апоплексической форме наступают быстрая потеря сознания, судороги и остановка дыхания. В случае синкопальной формы быстро наступает прогрессирующий коллапс. Молниеносные формы отравления выхлопными газами протекают неблагоприятно.

При тяжелой форме отравления выхлопными газами могут быть осложнения, проявляющиеся расстройствами функций центральной нервной системы, органов дыхания и кровообращения, а также трофическими поражениями кожи.

8.13.5. Оказание помощи и лечение

Первая помощь при появлении признаков отравления выхлопными газами заключается в переводе пострадавшего на дыхание от других баллонов воздухом, не содержащим вредные вещества, подъеме водолаза на поверхность и включении на дыхание кислородом.

При легкой степени отравления можно использовать кислород в условиях нормального давления. Пострадавшего следует укрыть одеялом, приложить грелки к ногам, напоить сладким чаем или кофе, дать под язык 1 таблетку валидола.

При средней и тяжелой степенях отравления лечение водолаза проводится кислородом при повышенном давлении. Гипербарическая оксигенация является этиопатогенетическим и самым эффективным средством лечения. Даже при нормальном давлении дыхание чистым кислородом ускоряет расщепление HbCO в 20 раз, а при повышенном давлении скорость расщепления многократно увеличивается. В результате значительного увеличения количества физически растворенного в крови кислорода резко снижается тяжесть заболевания и ускоряется выведение окиси углерода из организма. Лечение проводится по специальному режиму кислородной рекомпрессии (см. п. 8.11.6, табл. 33). При этом дыхание кислородом не должно проводиться по замкнутой схеме. Могут использоваться кислородные ингаляторы, изолирующие кислородные аппараты с открытой схемой дыхания или стационарная система дыхания барокамеры.

При нарушениях деятельности сердечно-сосудистой системы рекомендуется медленное внутривенное введение раствора коргликона (1 мл 0,06 %-ного раствора в 10 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно) или строфантина (0,5 мл 0,05 %-ного раствора в 10—20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно). При невозможности внутривенного введения строфантина (коргликона) производится подкожное введение раствора кофеина (1-2 мл 10 %-ного раствора) и других средств, стимулирующих деятельность сердечно-сосудистой системы.

При выраженных симптомах интоксикации пострадавшему вводят 5—10 мл 5 %-ного раствора аскорбиновой кислоты в 50—100 мл 40 %-ного раствора глюкозы капельно внутривенно.

При психомоторном возбуждении пострадавшего вводят внутримышечно 1 мл 2,5 %-ного раствора тизерцина или аминазина, 2 мл 2 %-ного раствора димедрола, 1-2 мл 2 %-ного раствора супрастина или 2 мл 0,5 %-ного раствора седуксена, возможно также применение промедола (1 мл 2 %-ного раствора).

При ослаблении дыхания лечение дополняют этимизолом (по 3 мл 1,5 %-ного раствора внутримышечно). В случае остановки дыхания немедленно проводят искусственную вентиляцию легких способами «изо рта в рот» или «изо рта в нос» в соответствии с приложением 18. Для предупреждения повторных судорожных приступов производят внутривенное введение 5 мл 5 %-ного раствора барбамила или ставят клизму с хлоралгидратом (1,5-2 г на 40 мл воды с добавлением крахмала). При токсическом отеке легких по синему типу гипоксемии показано кровопускание

800—1000 мл с последующим введением такого же количества свежей цитратной крови. При сером типе кровопускание противопоказано. Рекомендуется внутримышечное или подкожное введение кордиамина, мезатона, капельное введение 1–2 мл 0,2 %-ного раствора норадреналина в 250 мл 5 %-ного раствора глюкозы. Для профилактики отека мозга вводят 0,025—0,05 г кортизона внутримышечно в виде суспензии или 1 мл 3 %-ного раствора преднизолона внутримышечно или внутривенно капельно в 100 мл 0,9 %-ного раствора хлористого натрия. Для профилактики пневмонии назначают антибиотики в терапевтических дозах. Мероприятия по оказанию помощи при отравлении выхлопными газами должны проводиться вплоть до появления у пострадавшего сознания, восстановления дыхания и нормализации пульса.

После оказания помощи пострадавшему необходимо предоставить покой и тепло. Водолазы, перенесшие отравление выхлопными газами средней и тяжелой степени, подлежат эвакуации в лечебно-профилактическое учреждение для стационарного лечения и освидетельствования. Эвакуировать пострадавших следует только на транспорте. Отправлять их пешком не разрешается. Лица, потерявшие сознание или имевшие расстройство дыхания, транспортируются только в положении лежа на спине, укутанными в теплые одеяла. При длительной транспортировке больным с выраженной одышкой необходимо давать для дыхания кислород, производить внутривенные вливания 40 %-ного раствора глюкозы с аскорбиновой кислотой и витамином В₁, а также давать пить теплые молоко, какао, кофе или чай.

В случае отсутствия возможности проведения гипербарической оксигенации отравленного выхлопными газами помещают вместе с водолазным врачом (фельдшером) в барокамеру, в которой создают давление воздухом до 70 м вод.ст. и проводят лечение по режиму 2А или 2Б табл. 25 (п. 8.2.6) с учетом самочувствия пострадавшего. Симптоматическое медикаментозное лечение пострадавшего осуществляется водолазным врачом (фельдшером) в барокамере под давлением.

8.13.6. Профилактика

Для предупреждения отравления водолазов выхлопными газами необходимо прежде всего исключить случаи поступления этих газов в воздух или газовую смесь, подаваемые на дыхание водолазам или для создания газовой среды в барокамере. Воздушный компрессор должен быть оборудован фильтром для очистки воздуха от окиси углерода. Воздух, подаваемый для дыхания водолазов, не должен содержать окись углерода более допустимых величин (см. приложение 13).

Для контроля за техническим состоянием компрессора и качеством воздуха, закачиваемого воздушным компрессором, при наличии фильтра для очистки от СО 1 раз в квартал проводится анализ водолазного воздуха на содержание в нем вредных веществ (окиси углерода, окислов азота и углеводородов суммарно). В случае отсутствия в компрессоре фильтра для очистки воздуха от СО контроль качества воздуха про-

изводится ежедневно перед спуском первого водолаза. Правила проведения анализов воздуха на содержание вредных веществ приведены в пп. 7.7.2—7.7.7 и в приложении 13.

Анализ воздуха на содержание в нем вредных веществ проводится также каждый раз при предъявлении жалоб водолазами на неприятный запах в воздухе, поступавшем в снаряжение или в барокамеру. При обнаружении в воздухе вредных веществ, концентрация которых превышает допустимые величины, водолазные спуски прекращаются. Спуски разрешается проводить только после устранения причины загрязнения сжатого воздуха и при содержании вредных веществ в нем не более допустимых величин.

8.14. Отравление нефтепродуктами

8.14.1. Определение

Под отравлением нефтепродуктами понимаются патологические изменения в организме водолаза, наступающие в результате использования для дыхания сжатого воздуха с примесью природного газа или летучих продуктов нефти и других нефтепродуктов, а также вследствие контакта с жидкими и твердыми фракциями нефтепродуктов.

8.14.2. Этиопатогенез

Отравление нефтепродуктами у водолазов может возникать при выполнении водолазных работ на загрязненной нефтепродуктами акватории, в районе проведения разведочного и эксплуатационного бурения, а также при ремонтных работах на подводных трубопроводах.

При выполнении указанных работ в рабочую зону заборного патрубка водолазного компрессора могут поступать пары нефти и природный газ. Загрязнение нефтепродуктами воздушной среды в зоне работы водолазного компрессора может происходить в результате недостаточной герметичности запорных клапанов трубопроводов, по которым поступают нефть и газ, пропуска сальников насосов, а также за счет испарений с открытых поверхностей нефти. Загрязненный воздух может подаваться на дыхание водолазу или на заполнение барокамеры. Степень загрязнения воздуха рабочей зоны водолазного компрессора токсичными парами и газами, а также их состав зависят от температуры и давления, при которых протекают технологические процессы. В условиях относительно небольшой температуры и при атмосферном давлении воздух в районе рабочей зоны заборного патрубка водолазного компрессора загрязнен преимущественно парами легких углеводородов. При добыче нефти и газа с примесью сероводорода в воздухе рабочей зоны помимо легких углеводородов будет содержаться также сероводород.

Отравление нефтепродуктами может происходить как при их ингаляционном поступлении, так и при загрязнении кожных покровов, одежды, водолазного снаряжения и внутренних поверхностей барокамеры.

Нефтепродукты, попав в организм водолаза через дыхательную систему или кожные покровы, оказывают токсическое действие на центральную нервную систему, кардиореспираторную систему, печень, систему крови, другие системы и органы. Механизм токсического действия нефтепродуктов состоит в том, что, проникая в организм, они оказывают местное, рефлекторное и общетоксическое действие, в результате чего угнетаются ферменты тканевого дыхания. При этом в тканях организма возникает кислородная недостаточность, которая поражает различные органы и системы.

Возникновению отравления способствуют физическая нагрузка, переохлаждение или перегревание организма, повышенное парциальное давление углекислого газа и азота в окружающей газовой среде или ДГС.

Хроническое отравление продуктами нефти и природного газа вызывает резкие нарушения в системе крови и в кроветворных органах.

Нефтепродукты обладают канцерогенным действием.

8.14.3. Клиника

При отравлении аэрозолями и парами углеводородов отмечается наркотический эффект, проявляющийся легкой эйфорией, головокружением, нарушением координации движений, возбуждением, которые затем сменяются состоянием апатии и вялости. Могут появиться головная боль, общая слабость, тошнота и рвота, а также потеря сознания.

Примесь сероводорода (его присутствие определяется по характерному запаху тухлых яиц) оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, вызывает жжение и резь в глазах, слезотечение, светобоязнь, насморк и кашель. В более тяжелых случаях основные проявления отравления сероводородом связаны с поражением нервной системы и нарушением тканевого дыхания: появляются головная боль, головокружение, слабость, нарушения координации движений, возбужденное или обморочное состояние, тошнота и рвота, возможна потеря сознания.

Острое отравление нефтепродуктами по тяжести делится на 3 степени:

- легкую — без потери сознания;
- среднюю - с помрачением сознания;
- тяжелую — с потерей сознания.

В случае длительного и многократного воздействия на организм небольших доз летучих продуктов нефти и природного газа возникают функциональные нарушения центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также желудочно-кишечного тракта. Изменения могут проявляться в виде астенического или неврастенического синдрома, артериальной гипотонии, понижения пульсового давления, замедления скорости кровотока. Электрокардиографически в отдельных случаях могут быть зарегистрированы очаговые и диффузные изменения миокарда. Нарушения желудочно-кишечного тракта проявляются изменениями желудочной секреции и функции печени (гипербилирубинемией, снижением антитоксической функции). Измене-

ния со стороны дыхательной системы выражаются нарушениями бронхиальной проходимости и других функций внешнего дыхания. Иногда отмечаются случаи поражения слизистых оболочек носоглотки с преобладанием атрофических форм, аносмий, а также хронического конъюнктивита.

Местные проявления при отравлении нефтепродуктами характеризуются раздражением кожи и слизистых на загрязненной поверхности тела, появлением дерматитов, фолликулитов, угрей, кератозов, бородавчатых разрастаний кожи, экземы.

При диагностике заболевания необходимо учитывать признаки, характерные для отравления нефтепродуктами, и факт загрязнения нефтью воздушной или водной среды либо поверхностей водолазного поста, водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков.

8.14.4. Оказание помощи и лечение

При появлении признаков отравления нефтепродуктами у водолаза во время нахождения его под водой необходимо поднять пострадавшего на поверхность, удалить его из загрязненной атмосферы и в случае загрязнения снаряжения и одежды освободить от них водолаза.

При наличии загрязнения поверхностей тела водолаза следует обмыть загрязненные участки водой с мылом. Слизистую оболочку глаз следует промыть 2 %-ным раствором соды, а затем делать примочки этим раствором. При легкой и средней степени отравления и отсутствии необходимости проведения декомпрессии целесообразно назначение дыхания чистым кислородом, эффективность которого значительно возрастает в условиях повышенного давления. Лечение проводится в соответствии с п. 8.11.6 (табл. 33).

В случае отсутствия на водолазной станции кислорода пострадавшего помещают в барокамеру, в которой давление воздухом повышается до 70 м вод.ст. и проводится декомпрессия по режиму 2А табл. 25 (п. 8.2.6).

Если после подъема пострадавшего на поверхность необходимо проведение декомпрессии, то после освобождения от снаряжения пострадавший помещается в барокамеру под давление, равное давлению на глубине работы водолаза. В барокамере при необходимости проводятся реанимационные мероприятия и медикаментозная терапия. Режим декомпрессии выбирается с учетом величины давления в барокамере, времени пребывания под наибольшим давлением и состояния пострадавшего. За время пребывания под наибольшим давлением принимается время от начала спуска до начала снижения на 1-ю остановку декомпрессии в барокамере.

При нарушениях деятельности сердечно-сосудистой системы рекомендуется применение 10-20 мл 40 %-ного раствора глюкозы с 0,5 мл 0,05 %-ного раствора строфантина или 1 мл 0,06 %-ного раствора коргликона внутривенно медленно. При невозможности введения строфантина (коргликона) производятся подкожные введения раствора ко-

феина (10 % - 1 мл) и других средств, стимулирующих деятельность сердечно-сосудистой системы.

При тяжелых интоксикациях оказание помощи проводится в барокамере. Одновременно с проведением гипербарической оксигенации по режиму, представленному в п. 8.11.6, пострадавшему вводят 5 мл 5 %-ного раствора аскорбиновой кислоты в 50-100 мл 40 %-ного раствора глюкозы капельно внутривенно. При отсутствии естественного дыхания и сердечной деятельности проводятся искусственная вентиляция легких и непрямой массаж сердца в соответствии с приложением 18.

При психомоторном возбуждении применяют по 1 мл 2,5 %-ного раствора тизерцина или аминазина внутримышечно, 1-2 мл 1 %-ного раствора димедрола внутримышечно, 1-2 мл 2 %-ного раствора супрастина или 2 мл 0,5 %-ного раствора седуксена.

Водолазы, перенесшие отравление нефтепродуктами средней и тяжелой степени, после завершения декомпрессии и установленного времени нахождения на водолазной станции подлежат эвакуации в лечебно-профилактическое учреждение для стационарного лечения и освидетельствования.

8.14.5. Профилактика

Для предупреждения отравления водолазов нефтепродуктами необходимо соблюдать правила техники безопасности и гигиены труда на акваториях, загрязненных нефтепродуктами, исключить случаи всасывания водолазным компрессором воздуха с примесями природного газа и аэрозолей нефтепродуктов.

При выполнении водолазных работ в районе разведочного и эксплуатационного бурения, аварийных разливов нефти, а также ремонтных работ на подводных трубопроводах перед запуском компрессора необходимо проводить анализ атмосферного воздуха на содержание в нем углеводородов и сероводорода.

Сжатый воздух, применяемый для дыхания водолазов, приготовления ДГС и подачи в барокамеру, не должен содержать углеводородов более допустимых величин, приведенных в приложении 13, а содержание сероводорода не должно превышать 3 мг/м³.

Если в рабочей зоне заборного патрубка водолазного компрессора воздух содержит примеси нефтепродуктов более допустимых величин, то использование водолазного компрессора для заполнения сжатым воздухом баллонов-хранилищ запрещается до устранения причин, вызывающих загрязнение воздуха.

При наличии на палубе пятен нефтепродуктов следует засыпать эти места песком или опилками, собрать песок (опилки), пропитанные нефтепродуктами, и обработать поверхность керосином, который также следует собрать опилками и сжечь в специально отведенном месте. Возможна обработка поверхностей специальными средствами типа «Гамлена».

8.15. Химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами

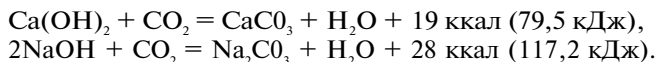
8.15.1. Определение

Химические ожоги и отравления регенеративными веществами представляют собой патологический процесс, обусловленный прижигающим действием щелочи на кожные покровы и слизистые оболочки глаз, желудочно-кишечного тракта и верхних дыхательных путей.

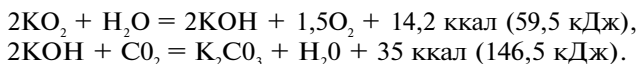
8.15.2. Этиопатогенез

В водолазной практике применяются аппараты с замкнутым и полужамкнутым циклами дыхания, в которых используются регенеративные патроны, заряженные химическим поглотителем известковым (ХП-И) или регенеративным веществом. ХП-И может также применяться в системах регенерации барокамер.

ХП-И представляет собой вещество, состоящее из твердых малопористых зерен белого или светло-серого цвета с диаметром зерен 5,5—6,5 мм (5 %), 2,8–5,5 мм (90 %) и 1–2,8 мм (5 %). В 1 кг ХП-И содержится 20 % воды (200 г) и 80 % твердого вещества, которое на 96 % состоит из гидрата окиси кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (768 г) и 4 % едкого натрия NaOH (32 г). ХП-И связывает углекислый газ согласно реакциям:



Основным компонентом гранулированного или пластинчатого регенеративного вещества являются надперекиси металлов. Примером может служить надперекись калия (KO_2), входящая в состав отечественного регенеративного вещества О-3. Она легко разлагается под действием влаги с образованием едкого калия (KOH) и молекулярного кислорода. Едкий калий активно связывает углекислый газ:



Ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами могут возникать как под водой и в барокамерах, так и на поверхности при работе с этими веществами.

В период подготовки и рабочей проверки водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков ожоги и отравления щелочами могут быть в случае несоблюдения правил техники безопасности при зарядке регенеративных патронов или применении неисправных средств защиты кожи и органов дыхания. При просеивании поглотительного или регенеративного вещества и продувке регенеративных патронов водолазного снаряжения с полужамкнутой или замкнутой схемой дыхания или кассет ХП-И

системы регенерации барокамеры пыль может попасть на открытые участки кожи, слизистые носоглотки, дыхательных путей или глаз.

При спусках под воду в снаряжении с полужамкнутой или замкнутой схемой дыхания и в барокамере при использовании аппаратов кислородной декомпрессии или системы регенерации барокамер ожоги щелочами могут возникать при попадании в верхние дыхательные пути и легкие пыли поглотительного или регенеративного вещества вследствие плохого просеивания вещества перед зарядкой регенеративного патрона или кассеты ХП-И.

При спусках под воду в снаряжении с полужамкнутой или замкнутой схемой дыхания случаи ожогов и отравлений могут быть при негерметичности различных соединений в дыхательной трубке и в регенеративном патроне, через которые вода поступает в регенеративный патрон, а из него в виде водяных паров, пены или эмульсии - в верхние дыхательные пути, легкие и желудочно-кишечный тракт.

Поражения легкой степени возникают при попадании небольшого количества щелочи на кожу и слизистые оболочки и характеризуются местно-раздражающим действием. Чаше они появляются на поверхности в период подготовки и проверки водолазного снаряжения.

Тяжелая степень поражения возникает, как правило, под водой в случае попадания больших количеств вещества, газовой эмульсии или раствора щелочи. При использовании регенеративного вещества такие случаи встречаются чаще, чем при применении химического поглотителя, и протекают тяжелее. Эмульсия или раствор щелочи может попасть в желудок (при вынужденном их проглатывании) или в дыхательные пути. Патогенез тяжелой степени связан с развитием экзотоксического шока и острой дыхательной недостаточности. Ожог гортани и отек подсвязочного аппарата обуславливают опасность развития механической асфиксии.

8.15.3. Клиника

Признаки и степень тяжести ожогов и отравлений щелочами зависят от вида вещества (поглотительное или регенеративное), количества попавшего в организм или на его покровы вещества, а также локализации и площади поражения кожи и слизистых.

Диагностика ожогов и отравлений не представляет трудностей. По тяжести ожоги и отравления делятся на легкие и тяжелые.

При легких ожогах щелочью у пострадавших в областях поражений возникает чувство жжения, а при попадании в дыхательные пути — мучительный кашель, боли за грудиной, металлический привкус во рту. Объективно отмечается гиперемия кожи и слизистых, в дальнейшем может появиться шелушение слизистой. В случае попадания пыли в глаза появляются жжение, зуд, слезотечение, покраснение конъюнктивы, снижение остроты зрения.

При тяжелых ожогах и отравлениях щелочами вышеперечисленные симптомы выражены в значительно большей степени, нарастают одышка и цианоз кожи и слизистых. Объективно помимо клинических про-

явлений этого состояния можно отметить химические ожоги кожи и слизистых оболочек, чаще в форме потечков. Экзотоксический шок, интоксикация и механическая асфиксия могут привести к летальному исходу в первые часы после отравления. Потеря сознания и утрата самоконтроля под водой могут привести к утоплению, а при нахождении на средних глубинах — к отравлению кислородом в судорожной форме.

Осложнения ожогов и отравлений щелочами возможны в виде снижения или потери зрения, рубцов и контрактур пораженных участков кожи, сужения пищевода, бронхитов и пневмоний.

8.15.4. Оказание помощи и лечение

При появлении первых признаков ожога или отравления щелочами у водолаза, спускающегося в снаряжении с замкнутой или полузамкнутой схемой дыхания, а также при попадании раствора щелочи в дыхательные пути или желудочно-кишечный тракт пострадавшего следует немедленно поднять из воды.

В период подъема водолаза на поверхность в случае опасности попадания в ротовую полость щелочного раствора или эмульсии водолаз должен выбросить изо рта загубник, не задерживать дыхание и производить постепенный выдох с учетом скорости подъема.

При легких формах ожога в случае необходимости проведения декомпрессии водолаза, использующего снаряжение с полузамкнутой схемой дыхания, проводится декомпрессия на поверхности, и помощь пострадавшему оказывается в барокамере. В случае тяжелого поражения поднятого на поверхность без соблюдения режима декомпрессии водолаза помещают в барокамеру и проводят профилактическую лечебную рекомпрессию по режиму 1А табл. 24 (п. 8.2.6) в сочетании с симптоматической терапией.

После подъема на поверхность характер оказания помощи зависит от степени тяжести и проявлений заболевания.

При поражении кожных покровов и слизистых оболочек следует:

- удалить пылевые частицы длительным (до 1 ч) промыванием пораженных участков 2—4 %-ным раствором борной кислоты, 0,5 %-ным раствором лимонной кислоты или струей воды;
- оросить пораженные участки левовинизолем;
- дать на прием по 1 таблетке анальгина, экстракта валерианы и валидола;
- наложить на пораженные участки кожи стерильные повязки.

При отеке гортани и остановке дыхания провести коникотомию или трахеостомию (см. приложение 18).

Симптоматическое лечение при поражениях тяжелой степени включает:

- введение 1 мл 2 %-ного раствора промедола подкожно или внутримышечно для предотвращения болевого шока;
- медленное внутривенное введение коргликона (1 мл 0,06 %-ного раствора в 10 мл 40 %-ного раствора глюкозы) или строфантина (0,5 мл

0,05 %-ного раствора в 10-20 мл 40 %-ного раствора глюкозы) для нормализации сердечной деятельности;

- внутримышечное введение 3 мл 1,5 %-ного раствора этимизола при ослаблении дыхания;
- медленное внутривенное введение 30 мг преднизолона или 150 мг кортизона ацетата в 50 мл 0,9 %-ного раствора хлористого натрия для предупреждения отека легких;
- массивное введение полиглюкина, реополиглюкина, гемодеза, плазмы, растворов глюкозы и электролитов для восстановления объема циркулирующей крови при нарастании явлений шока;
- применение антибиотиков широкого спектра действия для профилактики пневмонии, инфекционных поражений кожи и слизистых.

8.15.5. Профилактика

Предупреждение ожогов и отравлений щелочами достигается следующими мероприятиями:

- необходимы тщательная подготовка и рабочая проверка водолазного снаряжения с замкнутой или полужамкнутой схемой дыхания и системы регенерации барокамер для исключения попадания пыли поглотительного (регенеративного) вещества в систему «аппарат - легкие» и в газовую среду барокамеры, а также воды в регенеративный патрон во время спуска;
- перед зарядкой поглотительные и регенеративные вещества должны быть просеяны через сито с ячейками размером 1 мм²;
- просеивание необходимо проводить в помещениях, оборудованных вытяжной вентиляцией, или на открытом воздухе с учетом направления воздуха, чтобы пыль не попадала на открытые части тела;
- во избежание попадания на кожные покровы рук поглотительного или регенеративного вещества засыпать их нужно совком на сито, в регенеративные патроны или кассеты;
- перед зарядкой поглотительного или регенеративного вещества регенеративные патроны должны быть просушены, а после зарядки продуты сжатым воздухом с соблюдением необходимых мер предосторожности;
- при работе с поглотительными и регенеративными веществами (просеивании, анализе и зарядке) должны использоваться резиновые перчатки, а при отсутствии вытяжной вентиляции во время просеивания необходимо также применение защитных очков, респиратора или противогаза.

Особую осторожность следует соблюдать при работе с регенеративными веществами, ожоги и отравления которыми представляют значительно большую опасность по сравнению с поражениями, вызываемыми поглотительными веществами.

8.16. Переохлаждение организма

8.16.1. Определение

Под переохлаждением понимается патологическое состояние организма в условиях низкой температуры окружающей среды при превышении теплоотдачи над теплообразованием в организме, сопровождающееся понижением температуры тела и нарушением физиологических и биохимических процессов.

8.16.2. Этиопатогенез

Организм человека и теплокровных животных в отличие от физических тел поддерживает постоянную температуру тела (состояние изотермии), отличающуюся от внешней среды, за счет непрерывно совершающихся во всех органах и тканях экзотермических реакций, на что расходуется энергия метаболических процессов.

В целом организм условно может быть разделен на сердцевину, включающую внутренние органы и ткани, где строго поддерживается температура в узком диапазоне, и оболочку, включающую кожные покровы, подкожную клетчатку, мышечный слой и ткани конечностей, через которые от центра к периферии проходит поток тепла и отдача его в окружающую среду. Наряду с этим обмен организма с внешней средой осуществляется также через дыхательные пути, где происходят обогрев и увлажнение вдыхаемой газовой смеси.

Постоянство температуры тела сохраняется лишь при условии равенства теплообразования и теплопотерь всего организма. Оно достигается за счет физиологических механизмов терморегуляции, которая подразделяется на химическую и физическую. Химическая терморегуляция осуществляется изменением уровня теплообразования (усиления или ослабления интенсивности метаболизма в клетках), а физическая — путем изменения интенсивности отдачи тепла.

Главными органами образования тепла являются мышцы и печень. Теплоотдача от организма в окружающую среду происходит путем теплоизлучения (радиационной теплоотдачи), конвекции (движения и перемешивания нагреваемого телом воздуха), теплопроводения (отдачи тепла при непосредственном соприкосновении с поверхностями) и испарения воды с поверхности кожи и легких. В состоянии покоя при температуре воздуха 20 °С и суммарной теплоотдаче 419 кДж (100 ккал) в час радиация составляет 66 %, испарение - 19 % и конвекция - 15 % от общей потери тепла организмом. В обычных условиях дыхательный компонент потери тепла составляет 5-6 % от общих теплопотерь организма и достигает 104—116 Вт. Некоторая часть тепла идет на согревание принятой пищи и удаляется с мочой и калом.

В гипербарической среде в результате повышения ее охлаждающего действия указанное выше соотношение теплопотерь изменяется. Если в нормальной среде конвекционные теплопотери меньше потерь тепла

за счет испарения, то в гипербарической газовой и водной средах они начинают доминировать. Особенно возрастают конвекционные потери тепла с дыхательных путей, так как на нагрев плотной газовой смеси увеличивается расход тепла. Для сохранения постоянства температуры внутренней среды организма необходимо, чтобы теплопродукция соответствовала теплоотдаче. Важнейшее значение в поддержании теплового баланса организма принадлежит терморегуляторным механизмам, которые осуществляются по сигналам со специфических и неспецифических терморецепторов (экстра- и интерорецепторов). Терморецепторы имеют очень большую дифференциальную чувствительность: длительные изменения их импульсации возникают при перепаде окружающей температуры всего на 0,2 °С. Терморецепторы составляют две системы: тепловую и холодovou. Холодовых рецепторов в организме значительно больше, чем тепловых, и в коже они располагаются ближе к поверхности. Поэтому при одновременном раздражении одного и того же участка тела холодом и теплом ощущение холода появляется раньше, чем ощущение тепла. Терморецепторы центральной нервной системы (передней части гипоталамуса и спинного мозга) реагируют на изменение температуры крови, притекающей к нервным центрам.

Переохлаждение организма водолаза может наступить как в период пребывания водолаза под водой, так и при нахождении в условиях барокамеры.

При превышении теплопотерь над теплопродукцией у водолаза, находящегося в холодной воде, быстро снижается температура тела и развивается общее переохлаждение, которое характеризуется возникновением целого ряда функциональных, а в дальнейшем и патологических изменений в организме.

Вода в силу особых физических свойств обладает по сравнению с воздухом более высокой теплоемкостью (в 4 раза) и теплопроводностью (в 25 раз), поэтому в случае погружения водолаза в холодную воду происходит быстрая передача тепла от тела в окружающую среду. Охлаждение организма в водной среде имеет ряд особенностей, которые обусловлены физическими свойствами воды. Вода отнимает от организма человека в 11 раз больше тепла, чем воздух такой же температуры, а мокрая одежда отдает в 4 раза больше тепла, чем сухая. Во время пребывания человека в холодной воде теплообразование в организме увеличивается в 3—9 раз, однако оно не может компенсировать теплопотери, в результате чего наступает переохлаждение.

При погружении человека в холодную воду в действие вступают приспособительные механизмы, осуществляющие терморегуляцию организма в направлении уменьшения теплоотдачи и увеличения теплопродукции. Непосредственный физиологический эффект проявляется в сужении кожных кровеносных сосудов, повышении артериального давления, учащении дыхания, повышении мышечного тонуса и интенсивности обмена веществ. Механизм тепловой изоляции развит неравномерно в разных частях тела. Особенно чувствительны к холоду у водолазов дистальные отделы нижних конечностей. При вертикальном положении

водолаза в воде ощущение охлаждения начинается с пальцев ног, что в значительной степени объясняется гидростатическим обжатием нижних конечностей. Затем водолазы предъявляют жалобы на замерзание пальцев и тыльной поверхности кистей, поясницы, спины и области затылка. Менее чувствительны к холоду лицо, грудь и ладони.

Несмотря на значительное снижение температуры конечностей при охлаждении организма, внутренняя температура продолжает поддерживаться на постоянном уровне. Если же защитная сосудистая реакция оказывается недостаточной и температура головы и сердцевины туловища понижается, то организм запускает второй приспособительный механизм — повышенный мышечный термогенез. При этом появляется холодовая мышечная дрожь. Приспособительные механизмы направлены на то, чтобы восстановить общий тепловой баланс организма, компенсируя возросшие теплопотери через кожные покровы и дыхательные пути.

Наиболее выгодно с позиций сокращения теплопотерь использовать вентилируемое снаряжение. Воздушная подушка скафандра, являясь хорошим теплоизолятором, уменьшает теплоотдачу организма и при той же температуре воды сохраняет температуру тела на более высоком уровне, чем гидрокостюм или гидрокombineзон, в которых имеется незначительная воздушная прослойка. В гидрокombineзоне (гидрокостюме), особенно мокрого типа, охлаждаются голова и область шеи водолаза, а дыхание в дыхательном аппарате ведет к усилению теплопотерь с дыхательных путей. Следует отметить, что охлаждение головы и особенно шеи отрицательно влияет на терморегуляцию и усиливает развитие общего переохлаждения. Наиболее часто охлаждение указанных частей тела может происходить при погружении под воду в мягком шлеме, не имеющем газового объема.

При пребывании человека без одежды в воде, температура которой меньше 10 °С, переохлаждение наступает сравнительно быстро и протекает в тяжелой форме. Вначале у человека развивается возбуждение, которое в дальнейшем сменяется состоянием общего торможения с последующей потерей сознания. Нередко при этом возникают судороги, останавливается дыхание, а затем и сердечная деятельность.

При температуре воды менее 8 °С у человека без одежды могут возникнуть рефлекторный холодовой шок и моментальная смерть. Шок возникает тем чаще, чем ниже температура воды. В основе механизма этих явлений лежит остановка дыхания и сердца, вызванная рефлекторным влиянием сверхсильного раздражения терморецепторов кожи.

Развитию холодового шока, по мнению Лартинга (1956), способствуют:

- перегревание перед погружением в холодную воду;
- состояние озноба перед погружением;
- быстрое погружение в холодную воду (прыжки и ныряние) без постепенной адаптации к ней;
- эмоциональные потрясения;
- переполненные желудок и кишечник.

Продолжительность жизни человека в воде, имеющей температуру 3—5 °С, в большинстве случаев не превышает 1 ч. При температуре воды 10—18 °С переохлаждение человека может развиваться в различные сроки в зависимости от устойчивости организма к холоду и мышечной активности.

При температуре 18 °С и выше переохлаждение организма развивается сравнительно медленно. При этом успевают вступить в действие механизмы, увеличивающие теплопродукцию и уменьшающие теплоотдачу. Однако и в этом случае теплоотдача преобладает, и температура тела начинает падать. Вначале мышечная дрожь усиливается, но затем постепенно уменьшается. Это свидетельствует о развитии сильного переохлаждения. Развивается запредельное торможение в высших отделах центральной нервной системы с явлениями угнетения основных физиологических функций. Появляются безразличие и сонливость. Произвольные движения вследствие окоченения мышц становятся все более затрудненными, развиваются сильные боли в межреберных мышцах, особенно во время вдоха. Затем человек теряет сознание, у него останавливается дыхание, и через некоторое время прекращается сердечная деятельность и наступает смерть.

При температуре воды выше 20 °С время возможного пребывания в ней раздетого человека значительно увеличивается. Однако слишком длительное пребывание даже в такой воде может привести к общему переохлаждению. Это обусловлено относительно быстрым истощением энергетических ресурсов организма.

В патогенезе переохлаждения организма можно выделить компенсаторную фазу и фазу декомпенсации. Начальный этап общего охлаждения характеризуется интенсивной симпатической стимуляцией, проявляющейся ознобом, спазмом сосудов, возрастанием потребления кислорода, учащением дыхания, тахикардией и повышением уровня АД. Фаза декомпенсации, напротив, отличается нарастающим урежением пульса, падением АД, снижением температуры тела и потребления кислорода в органах и тканях, истощением ресурсов организма, возрастанием кислородной задолженности в тканях, нарушениями кислотно-основного состояния и установлением метаболического статуса организма на новом энергетическом уровне. Непосредственной причиной наступления тяжелых патологических изменений функций жизненно важных органов и систем является прогрессирующее развитие гипоксемии и гипоксии.

Низкая температура воды может способствовать появлению других специфических и неспецифических заболеваний водолазов (Тюрин В.И., 1962). Попадая в наружный слуховой проход, холодная вода может вызывать раздражение вестибулярного аппарата, что особенно опасно при баротравме уха с разрывом барабанной перепонки. Охлаждение организма способствует ускорению развития кислородного голодания при понижении парциального давления в альвеолярном воздухе. Водолазным врачам-практикам хорошо известно, что переохлаждение способствует возникновению декомпрессионной болезни. Попадание холодной воды под ра-

зорванный гидрокомбинезон во время всплытия может привести к рефлекторному спазму голосовой щели и появлению баротравмы легких. Охлаждение организма влияет на частоту случаев отравления углекислым газом вследствие повышения энерготрат и увеличения выделения CO_2 при дыхании. В исследованиях В.И.Тюрина (1962) было показано, что у спортсменов-подводников в гидрокомбинезоне и одном комплекте шерстяного белья при температуре воды 20°C выделение CO_2 в течение 1 ч составляет 28 л, при 15°C — 33 л, при 10°C — 50 л и при $2-5^\circ\text{C}$ — 66 л. При спуске в снаряжении с замкнутой или полузамкнутой схемой дыхания увеличение выделения углекислого газа может привести к ускорению насыщения химического поглотителя углекислотой и ее прорыву в дыхательный мешок. В свою очередь, повышенное парциальное давление углекислого газа способствует возникновению отравления кислородом.

8.16.3. Клиника

Различают легкую, среднюю и тяжелую степени охлаждения.

При легкой степени охлаждения, наступающего в случае незначительного падения температуры тела, пострадавшие ощущают слабость, головную боль, головокружение. Отмечаются «гусиная кожа» (вследствие сокращения пиломоторов - мышц, поднимающих волосы), цианоз губ, носа, ушных раковин, пальцев рук, мелкий тремор губ и нижней челюсти, эйфория, снижение ощущения реальной обстановки, общая адинамия, снижение тонуса мышц конечностей. Пострадавшие жалуются на озноб, мышечную дрожь, головную боль, головокружение, судороги икроножных мышц, но при этом еще сохраняют способность к самостоятельному передвижению.

При охлаждении средней степени, наступающем при падении ректальной температуры до $34-35^\circ\text{C}$, у пострадавших отмечаются заторможенность, сонливость, которая может перейти в ступорозное состояние («оцепенение» с отсутствием реакций на внешние раздражители), при этом возможны расстройства мышления, памяти и речи. Пострадавшие жалуются на боли в мышцах и суставах, утрачивают способность к самостоятельному передвижению. Пульс становится редким, слабого наполнения. Дыхание ослаблено и замедлено. Иногда пострадавшие внезапно теряют сознание после подъема из воды, что чаще всего обусловлено гипогликемической комой. Из осложнений возможны пневмония, ангина, отит. При отсутствии осложнений полное выздоровление наступает через 3-5 сут.

Тяжелая форма переохлаждения наблюдается при падении ректальной температуры ниже 34°C . Характерны потеря сознания и наступление коматозного состояния. Отмечаются резкий цианоз кожных покровов и слизистых, своеобразный плотный отек кистей рук, стоп, губ и лица. Дыхание ослаблено и резко замедлено. Кровяное давление резко понижается, тоны сердца глухие, выслушиваются с трудом. Часто возникают разнообразные осложнения. При снижении ректальной температуры до $25-22^\circ\text{C}$ наступает смерть.

8.16.4. Оказание помощи и лечение

Объем и характер первой помощи и лечения при переохлаждении зависят от степени переохлаждения водолаза.

При появлении начальных признаков переохлаждения у водолаза под водой и невозможности его подъема на поверхность водолазу при нахождении на остановках декомпрессии рекомендуют начать выполнять физические упражнения. По достижении глубины 9—12 м целесообразно поднять водолаза наверх для проведения декомпрессии на поверхности (см. приложение 22). Декомпрессию в барокамере переохлажденного водолаза следует проводить по удлинненному режиму, а при появлении признаков декомпрессионной болезни — по одному из режимов лечебной рекомпрессии (см. п. 8.2.6), выбранных с учетом тяжести симптомов декомпрессионного заболевания. В барокамере в целях согревания пострадавшего необходимо снять мокрую одежду, насухо вытереть тело, надеть сухое нижнее белье и несколько комплектов шерстяного водолазного белья. Ноги и тело следует обложить грелками, заполненными водой с температурой 40—50 °С. Рекомендуется также согревать грелками области шеи и затылка. Тело пострадавшего следует хорошо растереть шерстяной тканью, смоченной 50 %-ным раствором этилового спирта, до покраснения кожи. Мышцы нужно растирать до тех пор, пока не восстановится подвижность рук и ног. Во избежание перегрева согревание тела следует прекратить по достижении ректальной температуры 36 °С.

При глубоком охлаждении основной задачей лечебных мероприятий является выведение организма из состояния глубокого генерализованного торможения всех отделов центральной нервной системы и восстановление температуры тела путем энергичного глубокого согревания с одновременным поддержанием деятельности сердечно-сосудистой системы и дыхания. Для выведения пострадавшего из состояния холодового шока одновременно с интенсивным согреванием проводят внутривенное вливание противошоковой жидкости или 20-25 %-ного раствора этилового спирта в стерильном физиологическом растворе объемом до 200 мл.

При резком нарушении или отсутствии спонтанного дыхания декомпрессия прекращается. Немедленно приступают к искусственной вентиляции легких по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос» (приложение 18). Перед проведением искусственной вентиляции легких необходимо осмотреть и очистить ротовую полость, а также предотвратить западение языка. Декомпрессия пострадавшего возобновляется после восстановления дыхания и сердечной деятельности.

Для восстановления энергетических ресурсов организма и профилактики гипогликемической комы пострадавшему необходимо ввести внутривенно 50-100 мл 40 %-ного раствора глюкозы, подогретого до 40 °С, с инсулином (10 МЕ). Последний исключает резкое повышение концентрации глюкозы в крови и ускоряет проникновение глюкозы в клетки печени, нервной системы и мышц. С целью повышения лабильности нерв-

ных узлов сердца, предупреждения фибрилляции его желудочков и снижения проницаемости стенок капиллярного русла пострадавшему следует ввести внутривенно 7—10 мл 10 %-ного раствора хлористого кальция.

Для нормализации кровообращения (восстановления онкотического давления, объема циркулирующей крови и величины артериального давления), а также восстановления в крови электролитного и белкового состава пострадавшему необходимо ввести внутривенно 500—1000 мл подогретого до 40 °С полиглюкина вначале струйно (половину объема), а затем капельным способом в течение 2—4 ч.

Для стимуляции сердечной деятельности и дыхания пострадавшему, находящемуся в барокамере, вводят по показаниям 0,5 мл 0,05 %-ного раствора строфантина внутримышечно, 1 мл 0,06 %-ного раствора коргикона внутримышечно или 1 мл 10 %-ного раствора коразола подкожно и дают дышать газовой смесью с парциальным давлением кислорода 1,0—1,2 кгс/см². Стечение 2-3 ч с перерывами на 15 мин дыхания воздухом через каждый час дыхания обогащенной кислородом газовой смесью. После восстановления сознания пострадавшему дают пить горячий сладкий чай или кофе. Для питания ему готовится легкоусвояемая, богатая белками, углеводами и витаминами пища. С целью профилактики пневмонии пострадавшему назначают антибиотики или сульфаниламидные препараты.

После проведения водолазных спусков, не требующих проведения декомпрессии, для согревания организма водолаза можно использовать душ или ванну с температурой воды от +38 до +42 °С, осторожно растирая кожу мочалками или руками.

Для контроля эффективности мероприятий по согреванию и во избежание перегревания организма должен проводиться контроль температуры тела (предпочтительно ректальной).

Все переохлажденные до подробного выяснения состояния здоровья должны рассматриваться как тяжелобольные. Пострадавшие с тяжелой степенью переохлаждения через сутки после окончания декомпрессии направляются в больницу, при этом принимаются меры по предупреждению повторного охлаждения в пути.

8.16.5. Профилактика

Профилактика переохлаждения водолазов при спусках в холодную воду достигается использованием теплозащитной одежды и ограничением времени работы под водой.

Водолазу разрешается одевать:

- рабочий костюм без шерстяного белья при спусках под воду с температурой выше +20 °С (при использовании гидрокомбинезона или гидрокостюма «сухого типа») или +15 °С (при использовании водолазной рубахи вентилируемого снаряжения);
- нательное белье и один комплект шерстяного белья под гидрокомбинезон или гидрокостюм «сухого типа» при температуре воды менее +20 °С;

- рабочий костюм и один комплект шерстяного водолазного белья, меховые носки и чулки под водолазную рубашу вентилируемого снаряжения при температуре воды от +5 до +15 °С;

- рабочий костюм и двойной комплект шерстяного водолазного белья, меховые носки и чулки под водолазную рубашу вентилируемого снаряжения при температуре воды ниже +5 °С и температуре воздуха ниже 0 °С, а также при спусках глубже 45 м независимо от температурных условий их проведения в средних широтах.

Радикальным способом предупреждения переохлаждения организма водолазов при спусках в холодную воду, особенно на средние и большие глубины, является использование водолазного снаряжения со средствами активного обогрева тела и с подогревом дыхательной газовой смеси.

Водолазные рубашки и гидрокombineзоны (гидрокостюмы) «сухого типа» должны иметь исправные травящие клапаны, не пропускающие воду вовнутрь. Водолазные рубашки, гидрокombineзоны и гидрокостюмы не должны иметь разрывов, потертостей и проколов.

Необходимо соблюдать допустимое время пребывания под водой в зависимости от ее температуры при спуске водолаза (спортсмена-подводника) с использованием водолазной рубашки (гидрокombineзона или гидрокостюма) и средств теплозащиты в соответствии с вышеприведенными рекомендациями (табл. 37) и без средств гидро- и теплозащиты (табл. 38).

Таблица 37. Допустимое время пребывания в воде в водолазной рубашке или гидрокombineзоне (гидрокостюме)

Температура воды, °С	Допустимое время, ч	Необходимый минимальный перерыв после спуска с максимальной продолжительностью, ч
16–20	5	24
13–15	4	
10–12	3,5	3
7–9	2	
4–6	1,5	4
1–3	1	

Таблица 38. Допустимое время пребывания в воде без водолазной рубашки или гидрокombineзона (гидрокостюма)

Температура воды, °С	Допустимое время, ч	Необходимый минимальный перерыв между спусками, ч
28	4	0,5
25	2	1
22	1	1
19	0,5	1,5
18 и ниже	Спуски не разрешаются	–

Медицинский персонал, осуществляющий медицинское обеспечение водолазных спусков и спасательных работ, должен знать безопасные, допустимые и критические сроки пребывания человека в воде, а также ориентировочные сроки наступления потери сознания и смерти, представленные в табл. 39 и 40, и учитывать эти сроки при оказании помощи человеку за бортом.

Таблица 39. Безопасное, допустимое и критическое время пребывания человека без гидро- и теплозащитной одежды в воде в зависимости от ее температуры

Температура воды, °С	Время пребывания в воде		
	безопасное	допустимое	критическое
16–20	До 2 ч	2–7 ч	Более 7 ч
11–15	До 50 мин	50 мин – 3 ч	Более 3 ч
6–10	До 10 мин	10–45 мин	Более 45 мин
0–5	До 5 мин	5–25 мин	Более 25 мин

Таблица 40. Ориентировочные сроки наступления потери сознания и смерти человека без гидро- и теплозащитной одежды в воде в зависимости от ее температуры

Температура воды, °С	Время (ч), через которое может наступить	
	потеря сознания	смерть
30	70	72–75
25	12	24–36
20	3–7	15–20
15	2–4	6–8
10	0,5–1,0	1–2
0	0,25	0,25–1,0

При выполнении работ в условиях отрицательных температур наружного воздуха необходимо также принимать меры против переохлаждения на водолажном посту водолазов и обслуживающего персонала. Для одевания и раздевания водолазов необходимо применять отапливаемые помещения (будки или палатки), а также защитные приспособления от ветра и осадков или неотапливаемые будки и палатки непосредственно на месте водолазных спусков над майнами.

8.17. Перегревание организма

8.17.1. Определение

Под перегреванием понимается острое патологическое состояние организма в условиях высокой температуры окружающей среды при превышении теплообразования над теплоотдачей организма, сопровождающееся повышением температуры тела и расстройством функций жизненно важных систем организма, особенно центральной нервной системы.

8.17.2. Этиопатогенез

Перегревание в водолазной практике встречается довольно редко. Оно может наступить при одевании на открытой палубе в жаркие летние дни в случае задержки спуска под воду, при спусках под воду с температурой 27—30 °С, особенно при выполнении тяжелых работ, в период пребывания в барокамерах, не оборудованных системой кондиционирования, а также при неправильном использовании водо- или электрообогревательной одежды.

Перегреванию водолаза способствуют тяжелая физическая работа, нерациональная одежда водолаза в период пребывания на палубе, в барокамере и под водой. Кроме того, перегревание усиливается компрессией в барокамере, высокой влажностью и малой скоростью движения воздуха. Так, например, при температуре окружающего воздуха 20—25 °С в период компрессии в барокамере до 40—70 м вод.ст. со скоростью 20 м/мин температура достигает 40—47 °С, а относительная влажность повышается до 90-100 %. В этих условиях температура тела водолазов повышается до 37,5—38 °С.

В отличие от переохлаждения способность организма к понижению теплообразования при высокой температуре окружающей среды (к изменению химической терморегуляции) невелика. Поэтому в патогенезе перегревания ведущая роль принадлежит физической терморегуляции (теплоотдаче). В состоянии покоя тепловой баланс в организме сохраняется при температуре окружающего воздуха 25—27 °С. При более высокой температуре начинается накопление тепла в организме. В случае выполнения физической работы накопление тепла в организме может наступать и при более низкой температуре.

Основная реакция организма, направленная на исключение перегревания в условиях повышенной температуры окружающей среды, заключается в развитии механизмов, способствующих усилению теплоотдачи (расширение кожных сосудов, учащение сердцебиений и дыхания, увеличение скорости кровотока и др.). По мере приближения температуры воздуха к температуре тела увеличение теплоотдачи достигается только за счет усиления потоотделения и легочной вентиляции, так как отдача тепла другими способами (теплопроводением, конвекцией и излучением) в этих условиях не происходит.

При усиленной физической работе потоотделение может составлять 5-6 л в сутки даже на морозе. В условиях высокой температуры количество выделяемого пота при физической работе может достигать 10—12 л, и при этом теплоотдача за счет его испарения будет составлять до 5800 ккал. В поте содержится около 90 % воды, которая выделяется на поверхность кожи и затем испаряется. Даже при отсутствии видимого потоотделения потеря воды с потом составляет 0,5-0,6 л в сутки. Примерно столько же воды теряет организм с поверхности дыхательных путей. Скрытая теплота парообразования воды составляет 580 ккал, поэтому при испарении 0,5—0,6 л пота во внешнюю среду отдается 250—300 ккал.

При длительном воздействии высокой температуры наступает декомпенсация системы терморегуляции, в результате чего происходит накопление тепла в организме. Накапливающееся в организме тепло неблагоприятно действует прежде всего на центральную нервную систему, способствуя развитию в ней не только функциональных, но и структурных нарушений. Денатурационные изменения белка, возникающие из-за теплового повреждения тканей, вызывают аутоинтоксикацию. Развивается тепловое кислородное голодание, прежде всего тепловая гипоксия мозга. Из-за большой потери воды с потом повышается вязкость крови, что создает дополнительные гемодинамические трудности, способствующие возникновению перегревания. Смерть может наступать вследствие паралича жизненно важных центров продолговатого мозга и, вероятно, острой надпочечниковой недостаточности.

В патогенезе острого перегревания организма различают три периода:

- период компенсации терморегуляции;
- период задолженности терморегуляции;
- период декомпенсации терморегуляции, когда измененные функции организма могут оказаться необратимыми.

8.17.3. Клиника

В зависимости от степени воздействия на организм температурного фактора перегревание может протекать в легкой, средней и тяжелой формах.

При легкой форме перегревания температура тела повышается до 37,5—38,9 °С. Пострадавшие предъявляют жалобы на общую слабость, недомогание, головокружение, тошноту, повышенную жажду. Кожа лица имеет красный цвет и покрывается испариной, отмечается учащение пульса и дыхания. Физическая нагрузка вызывает резкое ухудшение самочувствия и общего состояния. Явления легкой формы перегревания проходят в течение нескольких часов, если пострадавшего поместить в прохладное помещение.

При средней степени перегревания температура тела повышается до 39—40 °С. Пострадавшие апатичны, вялы. Нередко отмечаются изменения со стороны центральной нервной системы, проявляющиеся психомоторным возбуждением, расстройством речи, затемнением сознания и др. Пострадавшие обычно предъявляют жалобы на сильную головную боль, резкую мышечную слабость, мелькание в глазах, шум в ушах, боли в области сердца. Отмечаются выраженная гиперемия кожных покровов, цианоз губ, частый пульс (120—130 уд/мин), понижение артериального давления, частое и поверхностное дыхание. При своевременном выводе пострадавшего из зоны перегрева и применении необходимых лечебных мероприятий у него постепенно понижается температура тела и в течение 2-3 сут восстанавливаются функции организма.

Тяжелая форма перегревания характеризуется тепловым ударом. У пострадавшего наступает потеря сознания, температура тела поднимает-

ся выше 40 °С, пульс учащается до 140 уд/мин и более, артериальное давление понижается. Кожа у пострадавшего бледная, сухая и холодная, губы имеют резко цианотичный цвет. При аускультации определяются влажные хрипы в легких и глухие тоны сердца. В некоторых случаях могут быть эпилептиформные судороги, рвота, непроизвольное мочеиспускание.

Чаще всего после прекращения перегревания и проведения соответствующих лечебных мероприятий в полном объеме тепловой удар заканчивается выздоровлением. Иногда после выздоровления может наблюдаться повторное развитие некоторых клинических проявлений со стороны центральной нервной системы. При наличии гипертермии выше 41 °С появляется дыхание типа Чейна — Стокса и развивается отек легких. Смерть наступает от паралича дыхательного и сосудодвигательного центров.

Перегревание может протекать в судорожной форме, причиной которой является резкое нарушение водно-солевого обмена и прогрессирующее обезвоживание тканей. Наступают клонические и тонические судороги в области конечностей и туловища. Пострадавшие после приступа судорог жалуются на резкую болезненность мышц.

8.17.4. Оказание помощи и лечение

При появлении у водолаза первых признаков перегревания (усиленного потоотделения, общей слабости, вялости, чувства жара, мелькания в глазах, шума в ушах) в период одевания или ожидания спуска под воду пострадавшего нужно быстро освободить от снаряжения, раздеть до пояса, отвести в тень и при возможности обдуть воздухом из водолазного шланга. Лицо и грудь следует периодически обтирать влажным полотенцем. Рекомендуются прием холодного крепкого чая или кофе. После выполнения указанных мероприятий явления перегревания исчезают через 15—20 мин, у пострадавшего появляется хорошее самочувствие.

В тяжелых случаях перегревания первую помощь следует оказывать по возможности раньше. Для понижения температуры тела рекомендуется на шею, голову и паховую область (в районе бедренной артерии) пострадавшего положить пузыри (грелки) со льдом и каждые 15—20 мин производить влажное обтирание тела. Для снятия явлений кислородного голодания применяют ингаляции кислорода.

Для стимуляции деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем применяют средства, возбуждающие дыхание и сердечно-сосудистую деятельность: медленное внутривенное введение строфантина (0,5 мл 0,05 %-ного раствора в 10-20 мл 40 %-ного раствора глюкозы) или коргликона (1 мл 0,06 %-ного раствора в 10 мл 40 %-ного раствора глюкозы), внутримышечное введение 2 мл 10 %-ного раствора сульфокамфокаина, подкожное введение 1 мл 10 %-ного раствора кофеина или 1 мл раствора кордиамина. При ослабленном дыхании внутримышечно вводят этимизол (3 мл 1,5 %-ного раствора).

При возникновении психомоторного возбуждения вводят внутримышечно 2 мл 0,5 %-ного раствора седуксена, 2 мл 2 %-ного раствора димедрола или применяют литическую смесь (1 мл 2,5 %-ного раствора аминазина, 2 мл 1 %-ного раствора димедрола и 2 мл 2 %-ного раствора промедола) в одном шприце однократно. При наличии признаков повышенного внутричерепного давления (ригидности мышц затылка, симптома Кернига, медленного напряженного пульса) проводят дегидратационную терапию (до 80 мл 40 %-ного раствора глюкозы, 20 мл 25 %-ного раствора сернокислой магнезии внутримышечно, 2-4 мл 1 %-ного раствора фуросемида внутривенно или внутримышечно).

Для снятия интоксикации организма денатурированными белками внутривенно вводят 30 мл 40 %-ного раствора глюкозы совместно с 5 мл 5 %-ного раствора аскорбиновой кислоты и витаминами группы В (1 мл 3 %-ного раствора витамина В₁ и 1-2 мл 1-2,5 %-ного раствора витамина В₆).

Для компенсации потерь воды и хлоридов целесообразно внутривенное введение изотонического раствора хлористого натрия, раствора глюкозы с аскорбиновой кислотой и витаминами В₁ и В₂.

После оказания неотложной помощи пострадавшего оставляют в здравпункте под наблюдением врача (фельдшера) или направляют в лечебно-профилактическое учреждение для стационарного лечения.

8.17.5. Профилактика

Для предупреждения перегревания на месте одевания водолазов и ожидания спуска необходимо установить тент, защищающий от прямых солнечных лучей. В период одевания и ожидания спуска в условиях жары необходимо осуществлять вентиляцию подкостюмного пространства воздухом с помощью водолазного шланга.

При использовании снаряжения с водообогреваемой одеждой в период ожидания в костюме вместо теплой воды следует подавать прохладную воду. При подъеме с глубины на поверхность необходимо выключать обогрев в период прохождения зоны теплой воды (при температуре более 15 °С). Если явления перегревания у водолазов начинают появляться в барокамере, то следует немедленно начать вентиляцию ее сжатым воздухом. При наличии в барокамере системы кондиционирования следует выключить ее обогрев.

При размещении барокамеры на верхней палубе необходимо принять меры для уменьшения ее нагревания солнечной радиацией (установка тента, орошение холодной водой).

Необходимо исключить случаи пребывания водолазов в снаряжении на поверхности более допустимых сроков в зависимости от температуры воздуха (табл. 41).

Погружения без гидрокомбинезонов с использованием аппаратов с открытой, полузамкнутой и замкнутой схемами дыхания допускаются при температуре воды не выше 37 °С и времени пребывания под водой не более 25 мин.

Таблица 41. Допустимые сроки пребывания водолазов в снаряжении на поверхности при различной температуре

Температура воздуха, °С	Допустимое время
до 15	5 ч
16–19	3 ч
20–24	2 ч
25–29	1 ч
30–33	30 мин
34	10 мин

Погружения в гидрокомбинезонах допускаются при температуре воды не выше 38 °С и времени пребывания под водой не более 30 мин.

Погружения в вентилируемом водолазном снаряжении допускаются при температуре воды не более 40 °С и времени пребывания под водой не более 20 мин.

8.18. Утопление

8.18.1. Определение

Под утоплением понимают такое патологическое состояние организма, в основе которого лежит механическая асфиксия, возникающая вследствие поступления воды в дыхательные пути или рефлекторного ларингоспазма и связанного с этим острого нарушения газообмена в легких.

8.18.2. Историческая справка

Проблема возвращения к жизни при утоплении имеет многовековую историю, важное научно-медицинское, практическое и социальное значение. Российский академик Даниил Бернулли занимался проблемой оказания помощи при внезапной смерти еще в 1-й половине XVIII в. В 1761 г. врач Гуммерт выпустил в России книгу «Рассуждения о спасении утопших». О возможности оживления утонувших писал М. Успенский (1872).

В 1767 г. в Амстердаме было основано общество «В пользу утопших», которое среди других проблем изучало методы оживления утонувших, обучало им население и за 4 года спасло более 150 человек. В 1772 г. в Париже был издан «Устав о спасении утонувших», после чего до 1779 г. парижанами было спасено 270 утонувших. В 1774 г. было основано «Английское королевское общество для спасения утопающих».

В России попытка создания такого общества была предпринята в 1805 г., но лишь в 1866 г. кронштадтскими моряками было организовано общество организации помощи при кораблекрушениях, которое в 1892 г. было преобразовано в Российское общество спасания на водах. Е. О. Мухин в своей лекции «Рассуждения о средствах и способах оживотворять

утопших, удушенных и задохнувшихся» (1805) указал, что летом 1803 г. в Москве утонуло 50 человек и военный губернатор Москвы был вынужден организовать в 15 пунктах реки примитивные спасательные посты под надзором частных лекарей и специально обученных лиц.

Научные исследования по решению проблемы оживления организма были начаты с попыток оживить изолированные органы. В нашей стране этим занимались И.П.Павлов, П.Я.Чистович, Н.П.Кравков и др., а за рубежом — С.Е.Броун-Секар, О.Лангендорф и др. Русскому ученому А.А.Кулябко в 1902 г. удалось восстановить работу изолированного сердца ребенка через 19 ч 30 мин после смерти, а в 1907 г. оживить изолированную голову рыбы после утраты всех признаков жизни. В 1928 г. С.С.Брюханенко и С.И.Чечулин оживили изолированную голову собаки. Оживлением целостного организма в конце XIX - начале XX веков занимались А.Спина, О.Целлер, Я.Прусс, Д.Даниелопопулу, Н.К.Кулебякин и др. В 1913 г. Ф.А.Андреев оживил собаку внутриартериальным введением кровозаменяющей жидкости. В 1936 г. при Академии медицинских наук СССР была создана специальная лаборатория по оживлению организма, руководимая В.А.Неговским, в которой были разработаны теоретические основы и методы оживления организма. В.А.Неговским, его сотрудниками и последователями возвращена жизнь тысячам людей, находящихся в агонии или клинической смерти.

Издавна делались попытки оживления утонувших путем искусственного введения воздуха в легкие. Первоначально с этой целью применялись катание пострадавшего на бочке, подбрасывание на одеяле, переворачивание со спины на живот и т.д. Но эти эмпирические методы оказались неэффективными. Еще в XVII—XVIII веках было предложено вдвигание воздуха из легких спасателя или с помощью дыхательных мехов. В упомянутой лекции Ефрем Мухин первым в России пропагандировал способы искусственной вентиляции легких «изо рта в рот» и при помощи специальных мехов.

В дальнейшем стали появляться ручные способы искусственного дыхания, которые более 100 лет были основными методами оживления: способы Хассельта - Шюллера (1847, 1877), Холла (1856), Сильвестра (1858) и его модификация Пачини (1867), Говарда (1871), Флясгара (1882), Шефера (1904, 1908), Боланда (1910), Клётта - Ганса (1927, 1934), Нильсена (1932), Райза (1934), Еллинека (1934), Томпсона (1935), И.П.Калистова (1938, 1939) и др. Всего было предложено более 120 ручных способов и их комбинаций. К недостаткам этих способов относится то, что они могут обеспечить при каждом вдохе поступление лишь 150—500 мл воздуха, а для рефлекторной стимуляции дыхания требуется поступление в легкие 1000—1500 мл воздуха или газовой смеси. В связи с этим в последнее время данные способы были практически отставлены и вновь стали применяться способы искусственной вентиляции легких «изо рта в рот» («изо рта в нос») и аппаратные методы подачи в легкие пострадавшего воздуха, кислорода или дыхательных газовых смесей. Один из наиболее ранних аппаратов для вдвигания воздуха в легкие был предложен в 1773 г. Джонстоном. Первый лечебный аппарат с активным вдохом и выдохом сконструировал

в 1907 г. Дрегер. В нашей стране одни из первых аппаратов по принципу вдувания и отсасывания были созданы Л.Я.Гершем (1928, 1929). В дальнейшем аппараты искусственной вентиляции легких создавались под руководством ИЛ.Николаенко, БД. Горского и ВАНеговского. В последнее время применяются кислородные ингаляторы (типа КИ-5), ручные аппараты искусственной вентиляции (типа ДП-12, АМБУ) и аппараты искусственной вентиляции легких (типа ДП-11).

8.18.3. Этиопатогенез

В водолазной практике утопление может произойти при спусках под воду в любом типе водолазного снаряжения.

При спусках под воду в изолирующем снаряжении с загубником без шлем-маски утопление может произойти в том случае, когда водолаз выпустит загубник изо рта. Это может наступить при большом сопротивлении дыханию в аппарате, потере сознания в результате холодового шока, отравления кислородом и углекислым газом, кислородного голодания, наркотического действия азота или по другим причинам.

При работе в вентилируемом снаряжении утопление может наступить при повреждении верхней части шлема (например, в результате прожога электродом при электросварке), повреждении иллюминаторов, неисправности головного травящего клапана, разрыве водолазной рубашки в области фланца.

При работе в снаряжении с открытой схемой дыхания утопление может наступить при повреждении шлема или трубки вдоха и негерметичности их соединений, а также при повреждении мембраны дыхательного автомата или смотрового стекла шлем-маски (шлема).

Различают несколько видов утопления.

Наиболее частым является так называемое «истинное» утопление, при котором легкие заполняются водой. По данным многих авторов, истинное утопление составляет до 75—95 % всех утоплений.

Вторым видом утопления является «асфиксическое» утопление, при котором у пострадавшего при попадании его в воду рефлекторно наступает ларингоспазм и вода в легкие не поступает. В данном случае человек погибает фактически при явлениях механической асфиксии. Асфиксическое утопление чаще всего возникает в сильно загрязненной, хлорированной воде, в воде, содержащей химические примеси, песок, ракушки, другие взвешенные частицы. Асфиксическое утопление, по данным разных авторов, составляет от 5 до 20 % всех случаев утопления.

Третьим видом утопления является так называемое «синкопальное» утопление. При данном виде утопления у утонувших отсутствуют изменения, характерные для истинного и асфиксического утопления, поскольку смерть наступает от первичной остановки сердечной деятельности и дыхания. Оно возникает при погружении в холодную воду, при котором происходят перераздражение терморцепторного аппарата кожи, спазм сосудов, ишемия мозга, рефлекторная остановка сердца и дыхания.

В начале истинного утопления, если водолаз находился в сознании, он обычно борется за жизнь. При попадании воды в подмасочное пространство в области рта и носа водолаз задерживает дыхание. В этот период у него наступает паническое состояние. Он старается выйти на поверхность, производит некоординированные движения. Физическое напряжение и страх, появляющиеся у пострадавшего, увеличивают потребление кислорода организмом, что создает опасное положение на фоне нарастающей недостаточности оксигенации крови в легких. Гиперкапния и гипоксемия, развивающиеся при задержке дыхания, раздражают дыхательный центр, в результате чего возникает непроизвольное дыхание под водой. Наступает глубокое дыхание, при котором вода поступает в легкие, вызывая сильную загрудинную боль. Водолаз теряет сознание, иногда продолжая конвульсивно двигаться. Во время усиленного дыхания вода широким потоком вливается в трахею и крупные бронхи и постепенно проникает в дистальные отделы бронхиального дерева до конечных структурно-функциональных единиц легких (респиронов). Воздух при перемешивании с поступившей в легкие водой вначале может выбрасываться из дыхательных путей в виде крупных пузырей, затем по мере продвижения воды — в виде множества мелких пузырьков. Глубокое дыхание под водой угасает одновременно с прекращением кровообращения. Выделяющаяся из легких пенная жидкость является одним из признаков истинного утопления. Если утопление произошло достаточно давно, то пена может приобретать вид хрупких мелкопузырчатых комков, застывших у дыхательных отверстий и в дыхательных путях трупа. В процессе дыхания под водой жидкость, поступившая в респироны, вызывает растяжение и разрывы альвеолярно-капиллярных мембран, что приводит к легочному кровотечению. В ходе борьбы за жизнь утопающий может заглатывать часть воды. При переполнении желудка водой затрудняется движение диафрагмы, возникает рвота. При этом наряду с водой может аспирироваться желудочное содержимое, которое оказывает вредное воздействие на легочную паренхиму после спасения.

При асфиксическом типе утопления рефлексоторный ларингоспазм исключает возможность попадания в легкие воды и воздуха. У утопающего появляются «ложнореспираторные» движения грудной клетки, но при этом ни воздух, ни вода в легкие не поступают. Умирание происходит по типу «чистой» асфиксии. Фазы агонального дыхания проявляются в виде интенсивных движений грудной клетки. При этом в момент выдоха в легких происходит значительное повышение давления, а при вдохе — разрежение, что нередко сопровождается баротравмой легких. На фоне тяжелой гипоксемии и метаболического ацидоза, а также падения сердечной деятельности развивается отек легких. Нарушается проницаемость альвеолярно-капиллярной мембраны. Поступающая в воздухоносные пространства конечных легочных единиц плазма крови, смешиваясь с воздухом, образует стойкую мелкопузырчатую пушистую пену.

При утоплении по типу «синкопе» не происходит острых дыхательных расстройств, а также характерных для других типов утопления из-

менений в легких и крови. Синкопальному утоплению способствуют эмоциональный шок, воздействие очень холодной воды на кожу или рецепторные поля верхних дыхательных путей.

По данным разных авторов, выживание людей возможно, если пребывание утонувшего в воде не превышало 3—30 мин. В.Д.Суровикин (1964) приводит статистические материалы по времени нахождения под водой 510 утонувших, которые были спасены работниками спасательной службы ДОСААФ за 5 лет: до 1 мин - 36,3 %, до 2 мин - 27,8 %, до 3 мин - 21,2 %, до 4 мин - 9,4 %, до 5 мин - 2,5 %, до 6 мин - 1,2 %, до 7 мин - 0,4 %, до 8 мин - 0,6 %, до 10 мин - 0,6 %. Однако имеются отдельные сообщения об оживлении после пребывания в холодной воде в течение 20-30 мин.

Смерть может наступить во время утопления, сразу после извлечения пострадавшего из воды или от осложнений в поздние сроки.

В настоящее время большинство авторов полагает, что непосредственная причина смерти от утопления представляет собой сумму патогенных эффектов, вызванных гипоксией, нарушением кислотно-основного состояния, частично изменениями состава крови и связанными с этим нарушениями функций дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Основными звеньями в патогенезе расстройств при истинном утоплении в пресной воде являются аноксия, вызванная закрытием дыхательных путей, нарушение водно-солевого состава крови и развитие ацидоза. Аспирированная пресная вода очень быстро проникает в кровь за счет большой всасывающей способности легких и низкого осмотического давления пресной воды по отношению к крови. В результате наступает «разжижение» крови и снижается ее осмотическое давление, что приводит к разбуханию, а затем и гемолизу эритроцитов. Гемолиз эритроцитов приводит к увеличению концентрации гемоглобина в сыворотке крови. Падает содержание в крови электролитов: натрия, хлора, кальция и магния. Концентрация калия в плазме увеличивается за счет гемолиза эритроцитов. Осмотическое давление и вязкость крови снижаются.

Утопление в морской воде также изменяет солевое равновесие, однако направленность этих изменений иная. Морская вода по отношению к плазме крови является гипертоническим раствором, осмотическое давление которого в 3—5 раз больше крови. Это приводит к притоку воды из крови в альвеолы, заполненные морской водой. Развиваются гиповолемия и отек легких. Выход воды из сосудистого русла в легкие приводит к увеличению концентрации белка и вязкости крови, росту гематокрита и концентрации эритроцитов. Переход воды из сосудов в альвеолы продолжается до тех пор, пока не произойдет выравнивание осмотических давлений в крови и в содержимом альвеол. После этого жидкость из легких начинает всасываться в сосудистое русло в основном по лимфатическим путям. Соли, содержащиеся в морской воде, начинают проникать в сосудистое русло. Отмечается возрастание концентраций сывороточного натрия, хлоридов, магния, калия и кальция в крови прямо пропорционально количеству аспирированной воды. В противоположность сдвигам, развивающимся при утоплении в пресной

воде, объем крови уменьшается, осмотическое давление плазмы возрастает. Размер эритроцитов уменьшается.

Основными сдвигами во внутренней среде, которые отчетливо регистрируются в первые часы после обратимого утопления у водолазов, являются тяжелая артериальная гипоксия (pO_2 до 35 мм рт.ст.) и некомпенсированный метаболический ацидоз со снижением pH до 6,95. Причинами артериальной гипоксии являются отек и ателектазы в легких, нарушение микроциркуляции и «шунтирование» крови через невентилируемые альвеолы. Существенным фактором нарушения оксигенации крови в легких является нарушение процесса диффузии кислорода в результате вызванного аспирацией воды повреждения альвеолярно-капиллярных мембран. Плохая артериализация крови в легких при относительно быстром освобождении их от пресной воды объясняется сравнительно медленным восстановлением активности легочного сурфактанта, изменением химизма альвеолярно-капиллярных мембран и развитием аспирационной пневмонии. В связи с тем, что морская вода дольше задерживается в альвеолах, а вместе с ней и белок, поступивший из кровеносной системы, аспирированная морская вода даже в небольшом объеме может оказаться более «токсичной», чем аспирация пресной воды.

Таким образом, в патогенетическом механизме утопления вне зависимости от состава и объема аспирированной воды постоянно присутствуют гипоксемия, ацидоз и отек легких. При патологоанатомическом вскрытии утонувших определяется прежде всего повреждение легочной ткани. Для асфиксического типа утопления характерны множественные мелкие кровоизлияния. Крупные и средние кровоизлияния характерны для утопления в пресной воде. При утоплении в морской воде очаги кровоизлияния состоят из неразрушенных эритроцитов. Чаще всего кровоизлияния имеют мелкоточечный периваскулярный характер.

При истинном утоплении характерно резкое увеличение объема легких. Расширению легких способствует образование пены и пенистой жидкости. При утоплении в пресной воде вздутие легких бывает более значительным, но альвеолы содержат меньше воды, чем при утоплении в морской воде. Вздутие легких определяется и при асфиксическом типе утопления, но альвеолы не содержат жидкости. Расширение легких происходит за счет воздуха, удерживаемого спазмированной голосовой щелью.

При гистологическом исследовании легочной ткани наряду с альвеолами, заполненными жидкостью или кровью, обнаруживаются участки легких, содержащих воздух. В альвеолах и мелких бронхах имеется пенистая жидкость. При истинном утоплении выражены набухание и разрушение альвеолярно-капиллярных мембран.

Умирание организма при утоплении можно условно разделить на 4 периода (Неговский В.А., 1959):

1-й период — предагональное состояние (длительность от 3—5 до 1 мин и более). Сознание в этот период сохранено, но затемнено. Основные рефлексы с головного мозга сохраняются, дыхание поверхностное. Пульс нитевидный или не прощупывается, артериальное давление вследствие падения тонуса периферических сосудов не определяется, выражен акроцианоз,

часто наблюдаются анемические судороги. Скорость прохождения крови в тканях может быть замедлена в 15 раз, в результате чего развиваются тканевая гипоксия и ацидоз из-за накопления в крови недоокисленных продуктов (молочной, пировиноградной, ацетоуксусной, β -оксимасляной и других органических кислот). В конце предагонального состояния наступает терминальная пауза, во время которой резко замедляются, а иногда временно прекращаются сердечные сокращения, происходит кратковременная остановка дыхания, расширяются зрачки и исчезает роговичный рефлекс;

2-й период - агональное состояние. Это последний этап борьбы организма за сохранение жизни. Отсутствуют сознание, реакция на внешние раздражители и реакция зрачков на свет. Вновь появляется дыхание, хотя и редкое, которое после достижения определенного максимума постепенно ослабевает. Нередко происходит кратковременное повышение артериального давления и даже прощупывается пульс на сонной артерии. Отмечается брадикардия, нарастает глухость тонов сердца. Если не принять мер к оживлению, то агония переходит в клиническую смерть;

3-й период — клиническая смерть. В этот период, промежуточный между жизнью и смертью, полностью исчезают внешние признаки жизни: прекращаются дыхание и сердечная деятельность. Однако ткани организма продолжают жить. В них сохраняются обменные процессы, протекающие на минимальном уровне, и рефлекторная возбудимость тканей. В этот обратимый период умирания еще можно сделать запись биотоков сердца и возможно оживление. Средняя продолжительность периода от 5 до 6 мин. Она определяется длительностью умирания, которая, в свою очередь, зависит от причин гибели организма. После медленно развивающегося процесса умирания продолжительность клинической смерти уменьшается. Установлена возможность удлинения этого периода до 2 ч с помощью глубокой гипотермии (до 8-10 °С). Острая гипоксия в период клинической смерти приводит к извращению окислительных процессов в тканях, которые переходят на анаэробное расщепление углеводов — гликолиз. При непринятии срочных мер по стимуляции угасающих функций организма и уменьшению гипоксии тканей наступает последний, четвертый период;

4-й период - биологическая смерть. Этот период характеризуется отсутствием дыхания, кровообращения и обменных процессов в тканях. Внешние признаки биологической смерти — трупные пятна, трупное окоченение и снижение температуры тела до уровня температуры окружающей среды. В этот период оживление уже невозможно.

8.18.4. Клиника

При истинном утоплении начальный период (преагональное состояние) составляет промежуток от момента начала борьбы за жизнь до потери сознания. В этот период пострадавший производит много неkoordinированных движений, направленных на выход к месту, где имеется газовая среда для дыхания, или на попытку получить воздух (ды-

хательную газовую смесь) из аварийных баллонов. При извлечении пострадавшего из воды в начальный период можно наблюдать психомоторное возбуждение или, наоборот, заторможенность. Иногда возможны неадекватные реакции на обстановку и затруднение контакта. Кожные покровы и видимые слизистые губ и конъюнктивы бледные, умеренно цианотичные. Дыхание частое, шумное, прерывается приступами кашля. Со стороны сердечно-сосудистой системы определяются тахикардия, повышение периферического артериального давления, в последующем сменяющиеся брадикардией, гипотонией и повышением венозного давления. Живот вздут, иногда наблюдается рвота желудочным содержимым, смешанным с проглоченной водой.

Во второй (агональный) период истинного утопления пострадавший находится в бессознательном состоянии. Кожные покровы холодные и резко синюшные (фиолетово-синие). Из рта выделяется пенистая жидкость розовой или отчетливо геморрагической окраски. Челюсти плотно сжаты. Дыхание прерывистое, чаще — с редкими судорожными вдохами. Сердечная деятельность резко ослаблена. Пульс редкий, иногда аритмичный, определяется только на сонных и бедренных артериях. Зрачковый и роговичный рефлексы вялые.

В состоянии клинической смерти у пострадавшего отсутствуют самостоятельное дыхание и сердечные сокращения. Исчезает роговичный рефлекс, зрачки расширены, появляется симптом «кошачьего глаза». Отсутствуют реакция на прижигание кожи и кровотечение при ее разрезах. Как правило, период клинической смерти при истинном утоплении короткий. Если в этот период пострадавшему не будут оказываться лечебные мероприятия, то наступит биологическая смерть.

При асфиксическом утоплении начального периода нет или он очень короток. Спасенные в агональный период имеют синюшный цвет, но выраженный в меньшей степени, чем при истинном утоплении. Пострадавший находится в бессознательном состоянии, челюсти сжаты. Ларингоспазм преодолевается при интенсивном выдохе оказывающего помощь через нос пострадавшего. Пульсация периферических артерий ослаблена, крупные сосуды (сонная, бедренная) пульсируют отчетливо. По мере увеличения срока асфиксии сердечная деятельность угасает, дыхание останавливается, голосовая щель размыкается. При терминальном размыкании голосовой щели дыхательные пути, рот и нос пострадавшего могут быть заполнены пушистой, белой, иногда слабо-розовой пеной.

При синкопальном утоплении отсутствует начальный период, так как практически сразу же развивается клиническая смерть. У пострадавшего отмечается резкая бледность кожных покровов и слизистых вследствие генерализованного сосудистого спазма. Дыхание и сердцебиение отсутствуют, зрачки расширены, на свет не реагируют. Клиническая смерть может продолжаться до 10-12 мин.

Исключительно важное значение имеет дифференциальная диагностика периодов клинической и биологической смерти. Значительное снижение температуры тела без наличия других безусловных признаков биологической смерти не является определяющим, так как водо-

лаз может быть поднят из воды в состоянии переохлаждения. В данном случае переохлаждение полезно, поскольку оно может продлить состояние клинической смерти и повысить шансы на оживление.

8.18.5. Оказание помощи и лечение

При правильном оказании помощи утонувший может быть возвращен к жизни, пока у него работает сердце и даже через несколько минут после его остановки.

Первая помощь при утоплении независимо от типа снаряжения и причин складывается из ряда последовательных мероприятий.

Пострадавшего извлекают из воды на палубу судна, освобождают от снаряжения (для ускорения раздевания водолаза гидрокомбинезон или водолазная рубашка разрезается) и срочно помещают с водолазным врачом (фельдшером) в барокамеру под давление 70 м вод.ст. В процессе доставки пострадавшего к барокамере, компрессии и пребывания в барокамере под давлением 70 м вод.ст. водолазный врач (фельдшер) обеспечивает верхние дыхательные пути пострадавшего от инородных тел, проводит искусственную вентиляцию легких и непрямой массаж сердца при отсутствии дыхания и сердечной деятельности, а также осуществляет медикаментозное поддержание этих функций.

Декомпрессия пострадавшего проводится после восстановления функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем по лечебным режимам 2А, 2Б или 2В (см. п. 8.2.6) в зависимости от времени пребывания под давлением 70 м вод.ст. В ходе декомпрессии проводится медикаментозное лечение по показаниям.

При наличии у пострадавшего сознания, естественного дыхания и сердечной деятельности может применяться режим лечебной рекомпрессии с использованием кислорода в соответствии с п. 8.11.6.

Искусственная вентиляция легких способом «изо рта в рот» или «изо рта в нос» проводится в соответствии с рекомендациями приложения 18. Все подготовительные мероприятия для искусственной вентиляции легких должны проводиться очень быстро и занимать не более 20—30 с. Если в дыхательных путях имеются пенная жидкость или рвотные массы, то их удаляют с помощью отсоса. Следует иметь в виду, что удаление аспирированной жидкости из легких подниманием за таз лежащего на животе утонувшего или укладыванием его животом на согнутую в колене ногу спасателя, рекомендуемое многими авторами и практикуемое многими спасателями, невозможной нецелесообразно, поскольку приводит к безвозвратной потере времени. А. Ruben и Н. Ruben (1962) в эксперименте установили, что при самом интенсивном надавливании на живот из легких может быть удалено не более 8—1.7 % аспирированной воды. Для удаления 25—33 % воды (250—600 мл) требовалось более 1 мин. При этом вода удалялась главным образом из трахеи и крупных бронхов.

При клинической смерти (широкие, не реагирующие на свет зрачки, отсутствие сердцебиения и дыхания) пострадавшему необходимо наряду с искусственной вентиляцией легких начать наружный массаж сердца (см.

Приложение 18). По возможности искусственную вентиляцию легких следует проводить с эндотрахеальной интубацией пострадавшего, которая предотвращает попадание слизи в дыхательные пути и позволяет подключать ручные и автоматические аппараты искусственной вентиляции легких.

Необходимо проводить согревание пострадавшего (грелки, укутывание).

Признаками эффективности наружного массажа сердца являются сужение зрачков, синхронные с массажем пульсовые толчки на периферических артериях и уменьшение синюшности, появление розовой окраски кожи. Если в ходе реанимации в ближайшие 1—1,5 мин у пострадавшего не наступает восстановления кровообращения, то для улучшения кровоснабжения мозга и коронарного кровотока следует пережать брюшную аорту, приподнять нижние конечности на 50—70 см выше уровня сердца и провести медикаментозную стимуляцию миокарда путем внутрисердечного введения 1 мл 0,1 %-ного раствора адреналина с 5–10 мл 10 %-ного раствора хлористого кальция в соответствии с рекомендациями приложения 18. Во время прокола искусственная вентиляция и непрямой массаж сердца приостанавливаются для предупреждения разрыва легкого и пневмоторакса. Этот перерыв не должен продолжаться больше 10 с. Введение препаратов начинается только при полной уверенности в том, что игла находится в полости сердца.

После появления самостоятельных сердечных сокращений и отчетливого периферического пульса непрямой массаж сердца может быть прекращен, а искусственную вентиляцию легких проводят до восстановления устойчивого самостоятельного дыхания, продолжая контролировать эффективность дыхания и кровообращения. При необходимости осуществляется интубация трахеи и проводится управляемое дыхание. Для коррекции метаболического ацидоза производят медленное внутривенное вливание 200—300 мл 3–4 %-ного раствора бикарбоната натрия с последующим контролем pH крови и проведением дальнейшей коррекции в стационаре.

При появлении сердечной деятельности и дыхания необходима симптоматическая трансфузионная терапия, которую нужно проводить под контролем гемодинамики и диуреза, для чего необходимо измерять артериальное давление, частоту сердечных сокращений и дыхания каждые 15 мин и определять с помощью введенного в мочевого пузырь катетера (см. приложение 18) скорость выделения мочи, которая должна быть не менее 30—40 мл/ч. Для нормализации работы сердечно-сосудистой системы необходимо медленно внутривенно ввести 0,5—1 мл 0,05 %-ного раствора строфантина или 1 мл 0,06 %-ного раствора коргликона в 10 мл 20 %-ного раствора глюкозы. Для нормализации дыхания вводят внутримышечно (или медленно внутривенно) 3 мл 1,5 %-ного раствора этимизола или внутривенно 10 мл 0,5 %-ного раствора бемегрида. Для восстановления объема циркулирующей крови, повышения артериального давления и улучшения тонуса миокарда вводят внутривенно капельно 400 мл полиглюкина, 450 мг желатиноля с 2 мл 0,2 %-ного раствора норадреналина или с 1–2 мл 1 %-ного раствора мезатона. В первые часы после восстановления дыхания и кровообращения мо-

гут появиться отеки легких и мозга. Для уменьшения отека легких, профилактики и лечения отека мозга, а также в целях разгрузки малого круга кровообращения при стабилизации артериального давления назначают внутримышечно 1 мл 5 %-ного раствора пентамина или капельное внутривенное введение 2 мл 1 %-ного раствора лазикса (фуросемида) в 400 мл полиглюкина и медленно внутривенно 60 мл преднизолона в 50 мл 0,9 %-ного раствора хлористого натрия.

В случае появления начальных явлений отека легких пострадавшему вводят в трахею 2-3 мл этилового алкоголя, для чего тонкой иглой прокалывают перстнещитовидную мембрану. Наибольший противоотечный эффект достигается ингаляцией в потоке газовой смеси с парциальным давлением кислорода 1,0-1,2 кгс/см² 10 %-ного спиртового раствора антифомсилана, пары которого можно подать через увлажнитель дыхательного аппарата. Этиловый спирт и антифомсилан резко понижают поверхностное натяжение жидкости, в силу чего пена разрушается. Ингаляцию пеногасителя прекращают после достижения отчетливого эффекта, но гипербарическая оксигенация должна продолжаться в соответствии с режимом, приведенным в п. 8.11.6.

При наличии у пострадавшего самостоятельного дыхания и кровообращения полезно для успокоения назначить один из транквилизаторов (триоксазин, андаксин и особенно седуксен) в обычной дозировке. При оказании помощи пострадавшему в условиях нормального давления ему необходимо назначить ингаляцию кислорода даже в тех случаях, когда отсутствуют отчетливые признаки расстройства легочного газообмена. При наличии редкого пульса лечение следует дополнить внутримышечным взведением 2,0 мл 0,1 %-ного раствора сернокислого атропина. Если у пострадавшего наряду с последствиями утопления имеются признаки баротравмы легких, то мероприятия по ликвидации симптомов, связанных с утоплением, сочетаются с лечебной рекомпрессией и применением медикаментозных средств, рекомендуемых для лечения баротравмы легких (см. п. 8.3.6). Через сутки после завершения декомпрессии пострадавшего необходимо направить в лечебно-профилактическое учреждение для стационарного обследования и лечения. Нередко после перенесенного утопления у пострадавшего возникает осложнение в виде аспирационной пневмонии. Для исключения этого осложнения после восстановления нормального дыхания и сердечной деятельности пострадавшему внутримышечно в течение 3-4 дней вводят антибиотики.

8.18.6. Профилактика

Основным профилактическим мероприятием по предупреждению утопления водолазов является тщательная рабочая проверка водолазного снаряжения с целью исключения случаев погружения под воду в неисправном водолазном снаряжении. Организацией водолазных спусков должна быть предусмотрена возможность немедленного спуска под воду страхующего водолаза для оказания помощи пострадавшему водолазу.

При повреждении водолазного снаряжения следует принять меры к подъему водолаза на поверхность.

При нырянии в комплекте № 1 для профилактики утопления вследствие кислородного голодания, заплутывания под водой и других причин следует предпринимать меры предосторожности, указанные в пп. 3.8 и 8.11.7.

8.19. Травмы и отравления, вызываемые опасными и ядовитыми морскими животными

8.19.1. Определение

Под травмами и отравлениями, вызываемыми опасными и ядовитыми морскими животными, понимаются повреждения различной степени тяжести, наносимые морскими хищниками (рыбами, млекопитающими), а также местные и общие проявления отравлений при контакте с ядовитыми рыбами, морскими змеями, кишечнорастворимыми, моллюсками и иглокожими.

8.19.2. Историческая справка

Ядовитые морские животные известны человечеству с древности. С именем греческого философа и ученого Аристотеля (384—322 гг. до н.э.) связано первое письменное упоминание о морском чудовище и предупреждение об опасности ската-хвостокола. Греческий врач и поэт Никандр (II в. до н.э.) сообщил о том, что укол ската-хвостокола вызывает «гангрену пораненной плоти». В «Естественной истории» римского писателя и ученого Плиния Старшего (23—79 гг. н.э.) приводятся сведения, что рыба морской дракончик может наносить опасные раны. В морских легендах упоминается «кракен» — чудовище, которое могло проглотить судно. Во многих легендах рассказывается о чудовищах, хватавших моряков прямо с палубы и утаскивавших их в морские пучины. В 1859 г. Чарльз Дарвин описал свои ощущения при ожоге лица веткой коралла. Однако, несмотря на большое количество сообщений о поражениях человека, серьезные научные исследования по этому вопросу до конца XIX в. не проводились. Лишь в 1889 г. французский врач А.Боттар написал первую монографию «Ядовитые рыбы». Другой французский врач Зервос с 1903 по 1938 г. опубликовал ряд статей, в которых показал, что «болезнь ловцов губок» связана не с прикосновением к губкам, а с контактом со стреккающими щупальцами сидящих на губках актиний. Первое описание картины отравления медузой крестовичком (гониомемой) дал в 1922 г. наш соотечественник А.Э.Барри. В 1922 г. Мари Физаликс, в честь которой одна из ядовитых медуз получила название «физалия», выпустила монографию «Ядовитые животные и яды». Академиком Е.Н.Павловским в 1927 г. написана монография «Ядовитые животные и ядовитость».

Первое дошедшее до нас упоминание о столкновении человека с акулами и не потерявшие до сих пор актуальности рекомендации были сделаны Плинием Старшим, который писал «о жестокой борьбе, которую

ловцам губок приходится вести с акулами». Он отметил, что акулу привлекают белые части тела и что опасность нападения увеличивается при всплытии ныряльщика. Для отпугивания акул он рекомендовал плыть прямо на них.

В книге Олава Великого, написанной около 1555 г., изображено нападение нескольких акул на купальщика, которого спасает скат. Голландский мореплаватель Карстензон (1623) упоминал об опасностях, происходящих от акулы, меч-рыбы и других «неестественных чудовищ». В конце XVIII — начале XIX вв. много описаний нападений акул на людей было сделано в Австралии. Людоедству акул способствовали морские перевозки рабов, трупы которых регулярно выбрасывались за борт. В 1665 г. лорд де Рошфор писал, что в районе Антильских островов среди «чудищ этих вод, жадных до человечины, бекюн (барракуда) — один из самых страшных. Заметив добычу, он, точно кровожадный пес, с яростью бросается на нее. Охотится он также и на находящихся в воде людей».

Отравления морскими животными при употреблении их в пищу также известны с древности. За 2,5 тысячи лет до н.э. на усыпальницах изображали ядовитую рыбу-собаку (фугу) из семейства иглобрюхих рыб (рис. 126). Примерно в это же время об отравлении мясом этой рыбы сообщали древние восточные философы, в том числе в китайском трактате по медицине «Книга трав», написанном между 2838 и 2698 г. до н.э. Императоры древней Японии конфисковывали все имущество у своих солдат, которые употребляли в пищу рыбу-собаку. В армии Александра Македонского существовал такой же запрет. Несмотря на большую опасность отравлений, фугу в Японии считается деликатесом и подается в отдельных ресторанах, имеющих на это особое разрешение. Поданным Е.Н.Павловского, с 1888 по 1909 г. в Японии было 3106 отравлений фугу с 2090 летальными исходами. Египетский папирус, относящийся примерно к 1500 г. до н.э., содержит указания о методах лечения случаев отравлений мясом морских животных. В книге «Второзаконие» (около 1450 г. до н.э.) сынам Израиля дается указание «Из всех животных, которые в воде,... тех, у кого нет перьев и чешуи, не ешьте: нечисто это для вас». В IV в. до н.э. ядовитых скорпеновых рыб описал Аристотель. На протяжении столетий происходило множество отравлений, в том числе массовых, что было связано с плохим знанием морских животных и местных обычаев, особенно при переселениях людей, дальних плаваниях и войнах. Английский мореплаватель Джеймс Кук в 1776 г. получил серьезное отравление после употребления в пищу рыбы-собаки. Судовой врач А.В.Савченко (1886) обобщил свои наблюдения по дей-



Рис. 126. «Рыба-собака» фахак из семейства иглобрюхих рыб («фугу»)

ствию яда рыб на организм человека во время своих многочисленных плаваний по Тихому океану. Он дал полную картину местных и общих проявлений отравления ядовитыми рыбами. Было подсчитано, что в 1955—1956 гг. от волны отравлений морскими животными (кальмарами, осьминогами и некоторыми океаническими рыбами) в Японии, на Филиппинах и в других странах Юго-Восточной Азии пострадало около 40 тысяч человек (Холстед Б.В., 1959).

Американский ученый Роберт Моррис заявил: «Боюсь, что самое опасное из существ, встречающихся в море, это сам человек. Вторгаясь в чуждый ему мир, человек должен понять его законы, а не навязывать ему свои... Чаше всего наша жизнь оказывается в опасности лишь потому, что мы совершаем ошибки».

8.19.3. Общие положения

При выполнении водолазных работ водолаз может иметь встречи с морскими животными, в том числе с опасными и ядовитыми. Таких морских животных насчитывается более 3000 видов.

Опасные хищные животные моря своими зубами, колючками, шипами и другими частями тела могут наносить ранения, некоторые виды животных способны причинять электротравмы. Они могут проявлять свою агрессивность по отношению к человеку под водой.

Ядовитым животным яд служит в основном для защиты. Опасность они представляют, как правило, тогда, когда человек нечаянно или умышленно задевает их. Ядовитых животных К.А.Павловский (1927) подразделяет на истинно ядовитых, имеющих железы или специальные органы, вырабатывающие яд, и на случайно ядовитых, которые приобретают ядовитые свойства в связи с деятельностью бактерий. Истинно ядовитые животные, в свою очередь, делятся на 3 группы: активно-ядовитых, пассивно-ядовитых и скрытоядовитых.

Активно-ядовитые животные имеют ядовитый аппарат, вырабатывающий яд, сильно действующий на организм любого животного. Такие животные опасны при контакте, но мясо их безвредно, а потому они могут употребляться в пищу без опасений.

Пассивно-ядовитые животные имеют ядовитые органы и ткани (особенно часто бывают ядовиты икра и плавники). Такие животные представляют опасность при употреблении их в пищу даже после обработки.

Скрытоядовитые животные не имеют ядовитых органов, шипов, колючек и ядовитой слизи. Обычно они не представляют опасности при контакте и употреблении в пищу, но могут стать ядовитыми при определенных условиях (сезонные изменения ядовитости, быстрое появление трупного яда под воздействием гнилостных бактерий в жарком климате и др.). Один из видов отравления рыбой - «сигуатера». Это отравление могут вызывать такие распространенные виды рыб, как рыбахирург, морской окунь каламус, барабулька, мурена, губан, барракуда. Бывает, что рыба, пойманная на одной стороне острова, ядовита, а на другой совершенно безвредна. Считают, что причина «сигуатеры» свя-

зана с характером питания рыбы, что определяет непредсказуемость заболевания.

Опасные и ядовитые животные встречаются среди рыб, змей, морских ежей, звезд, моллюсков, осьминогов, кораллов и медуз. Обладая зубами, шипами, колючками и присосками, эти животные могут наносить раны, вводя в них ядовитые вещества.

Механизм отравления заключается в том, что сильнодействующие яды морских обитателей, проникнув в ткани через лимфо- и кровотоки, нарушают нормальные биохимические процессы и жизненно важные функции организма. На месте поражения развиваются воспалительная реакция, отек тканей, лимфаденит с последующим изъязвлением и склонностью к некротизации. Вслед за местной реакцией развиваются расстройства сердечной деятельности, дыхания, повышение температуры тела и нарушение функций центральной нервной системы.

К основным признакам поражения ядовитыми морскими животными относятся:

- быстрое появление сильной жгучей боли, покраснение и отек кожи в области поражения;
- возникновение на коже волдырей;
- наличие обломков ядовитых игл и шипов, оставшихся в ранах;
- длительно кровоточащие раны;
- появление непосредственно после поражения или через несколько минут головной боли, дрожи тела, головокружения, общей слабости, тошноты, рвоты, обморочного состояния, диареи;
- появление судорог, парезов и параличей конечностей;
- прогрессирующее нарастание расстройств дыхания и сердечной деятельности.

Большинство указанных выше животных обитают в прибрежных районах (чаще тропических или субтропических), но некоторые из них встречаются и вдали от берегов (ядовитые медузы, акулы, звезды и др.). Наиболее часто поражение водолазов ядовитыми морскими животными происходит на глубинах до 30 м, когда они работают под водой без гидрозщитной одежды (водолазной рубахи, гидрокombineзона или гидрокостюма).

8.19.4. Хищные рыбы

Большинство хищных рыб обитает в тропических и субтропических районах, лишь некоторые их виды встречаются в умеренной зоне.

Среди крупных хищных рыб наиболее известны акулы, 20 семейств которых включает около 250 видов. Для человека явно и потенциально опасны около 50 их видов, документально засвидетельствованы атаки 29 видов. Практически трудно отличить хищные виды от нехищных. Поэтому следует опасаться любой акулы длиной 1-2 м и более, за исключением самой крупной (длиной до 10—15 м) китовой акулы, питающейся планктоном. Наиболее опасными для человека считаются большая белая акула, или «акула-людоед» (рис. 127 А), имеющая длину до 11 м, тигровая акула (рис. 127 Б), акула мако (рис. 127 В) и австралийская акула. Напа-

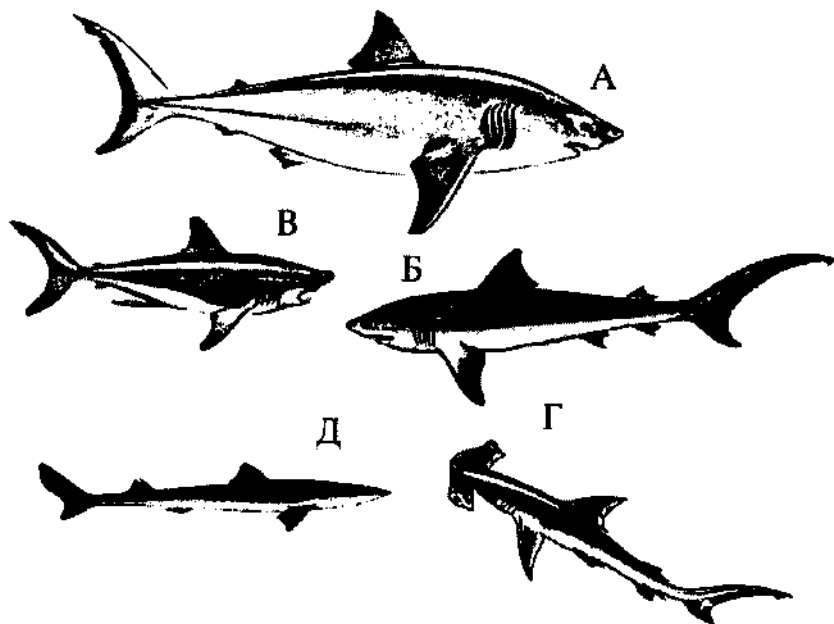


Рис. 127. Акулы: А — белая акула, Б — тигровая акула, В — акула мако, Г — акула-молот, Д — акула катран

дают на человека и молотоголовые акулы (рис. 127 Г), голова которых имеет по бокам два больших выроста, на наружных краях которых расположены глаза. В территориальных водах России опасные для жизни акулы отсутствуют, за исключением Японского моря, где они могут встретиться в летнее время. В Черном море имеется 2 вида мелких акул: катран («морская собака», «колючая акула») длиной до 1—1,5 м (рис. 127 Д) и маленькая (до 1 м) пятнистая акула сциллиум. Укусить эти акулы могут лишь случайно при неосторожном поведении водолаза. Катран, изогнув тело дугой, может стремительно нанести порез и укол колючим шипом. Эти раны очень болезненны и долго заживают.

Крупные акулы наносят наиболее тяжелые раны, которые в 50—80 % случаев приводят к гибели пострадавшего от кровотечения и шока. Сила сжатия челюстей акулы достигает 18 тс. Несколькими укусами акула может расчленить тело человека на части. Жесткая шкура акулы может повредить мягкий гидрокombineзон или гидрокостюм и сильно ободрать кожу. Акула может уловить колебания воды шумно плывущего человека на расстоянии до 200 м, задолго до того, как она почует запах крови. Наиболее часто акулы совершают нападения в тропических и субтропических водах между 15 и 16 часами.

Не меньшую опасность, чем акула, представляет меч-рыба (рис. 128 А), имеющая длину до 4,5 м и вооруженная твердым костяным мечом.

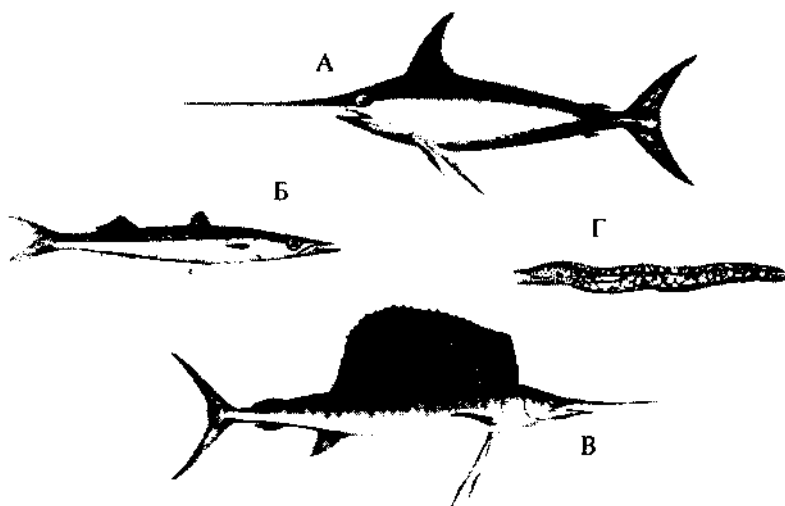


Рис. 128. Опасные рыбы: А — меч-рыба, Б - барракуда, В — парусник, Г — мурена

Крупные барракуды (рис. 128 Б), длина которых достигает 2-3 м, быстро плавают, могут внезапно и стремительно нападать, нанося человеку серьезные, трудноизлечимые раны своими острыми крупными зубами. Барракуды чутко реагируют на яркоокрашенные предметы и передвижения воды.

Парусник (рис. 128 В) может сильно поранить человека ударом шпиги, которая выделяет слизь. На месте поражения образуется язва, склонная к нагноению.

Опасны также мурены (рис. 128 Г), которые достигают в длину 3 м при толщине тела 30 см. Они скрываются в подводных пещерах, расщелинах, зарослях растительности и кораллов. Если человек внезапно появится возле убежища мурены или травмирует ее, то она может своими зубами нанести глубокие болезненные раны. Описаны случаи гибели ныряльщиков, которые не смогли освободить руку от мертвой хватки мурены. Распространено мнение, что при укусе мурена вносит в рану яд. Однако ядовитость мурен достоверно не установлена, и большинство исследователей считают их неядовитыми.

Некоторые рыбы могут поражать человека электрическим током. К ним относятся электрический сом (рис. 129 А), электрический угорь (рис. 129 Б) и несколько видов электрических скатов - морских лисиц (рис. 129 В), которые широко распространены в тропических и умеренных областях океанов. Встречаются в Черном, Японском и Баренцевом морях. Обитают на мелководьях, большую часть времени проводят на дне, зарываясь в песок. Электрические угри и скаты способны давать разряды электрического тока напряжением от 8 до 350 В и более. При прикосновении к круп-

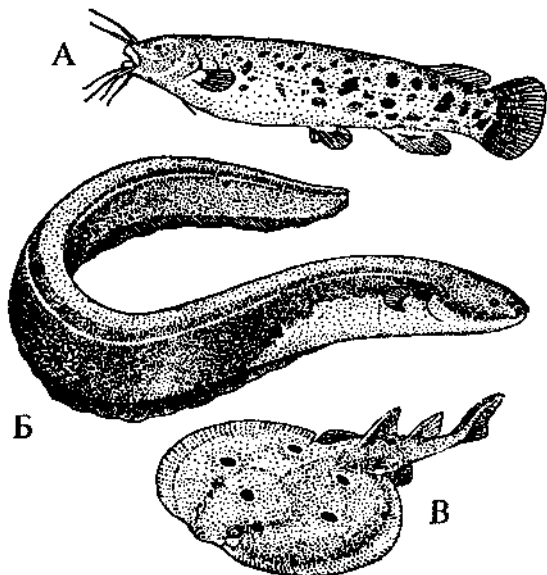


Рис. 129. Рыбы, имеющие электрические органы:
А — электрический сом, Б — электрический угорь,
В — электрический скат

ному электрическому скату разряд тока может быть настолько сильным, что сбивает человека с ног и вызывает сильную слабость, головокружение, нарушения сердечной деятельности и дыхания. Ток электрического угря довольно слаб (обычно доли ампера), но иногда возможно появление коротких разрядов тока частотой до 300 импульсов в секунду мощностью 1 кВт (500В-2 А).

Оказание первой помощи и лечение поражений хищными рыбами производится по общим правилам хирургической обработ-

ки ран. Принимаются меры к остановке кровотечения, проводится противошоковая терапия, вводится столбнячный анатоксин, назначаются антибиотики. Пострадавшего необходимо как можно скорее госпитализировать.

При поражении током электрического ската больному необходим покой, по показаниям проводится противошоковое лечение. Выздоровление обычно проходит без осложнений.

Предупреждение поражений хищными и опасными рыбами заключается в соблюдении мер предосторожности при водолазных спусках в районах обитания опасных морских животных. Водолазы должны быть проинструктированы о возможности появления этих животных, мерах безопасности и применяемых средствах защиты (репелленты, излучатели различных конструкций, беседки-убежища, подручные средства защиты и др.). Спуски должны проводиться группой водолазов не менее двух человек, из которых один является страхующим и наблюдает за появлением хищников. Водолазы должны быть одеты в гидрозашитную одежду, поскольку замечено, что акула гораздо реже нападает на одетого человека, чем на обнаженного. Водолазное снаряжение должно быть окрашено в однотонный темный цвет. Вблизи от водолазов должна находиться беседка-убежище с заранее открытой и взятой на стопор дверцей. У места спуска должна быть шлюпка со страхующим водолазом и командой для кругового наблюдения за поверхностью воды и отпугивания морских хищников. В период проведения водолазных работ в районе обитания опасных морских животных категорически запрещается выбрасывать за борт пищевые отходы.

Водолазы должны двигаться под водой спокойно и плавно, проявлять внимание и осмотрительность, избегать контактов с неизвестными представителями морской фауны, проводить обследование узкостей только шестом или щупом. При появлении хищников водолаз должен немедленно доложить руководителю спуска, разрезать пакет с репеллентом и зайти в беседку-убежище или подняться наверх, используя при необходимости водолазный нож для защиты от хищника. При отсутствии беседки-убежища водолазы должны подниматься одновременно «спина к спине», отталкивая хищников подручными средствами. В ряде случаев акулу удавалось прогнать, ударив ее по носу, глазам или жабрам. Находясь в районе возможного появления акул, водолаз при получении даже незначительной царапины должен выйти из воды.

Водолазные работы в районах обитания опасных морских животных запрещаются:

- в темное время суток без применения специальных убежищ или подводных домов;
- в местах постановки и выборки сетей, выхода сточных канализационных вод, сбросовых вод мясорыбокомбинатов и других пищевых предприятий;
- при наличии кровоточащих ран и ссадин на теле водолаза;
- при появлении крупных морских хищников;
- непосредственно после проведения подводных взрывных работ в данном районе.

8.19.5. Опасные морские млекопитающие

Опасность для человека представляют зубатые киты косатки массой до 8 т (рис. 130), достигающие в длину 10 м. Эти животные развивают скорость до 55 км/ч.

Они встречаются во всех морях и океанах. Косатки имеют характерное тупое закругленное рыло и высокий черный плавник. Окраска их тела двукрасочная: спина черного цвета, брюхо снежно-белое. Над каждым глазом имеется по белому пятну. Косатки плавают стаями до 40 особей и нападают на тюленей, моржей, дельфинов и даже усатых китов. Хотя косатки

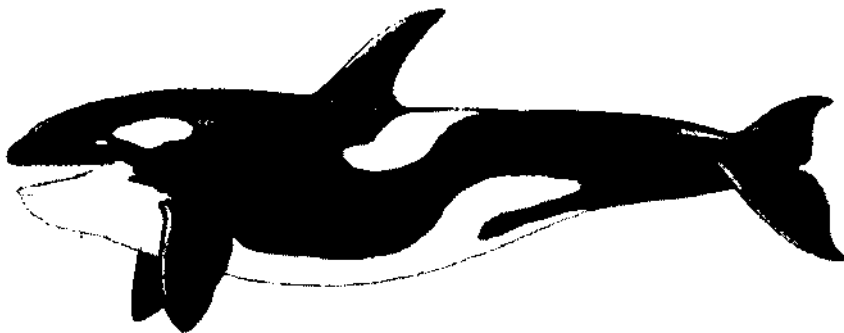


Рис. 119. Зубатый кит косатка

считаются потенциально весьма опасными для человека, достоверные сведения об их преднамеренном нападении на человека отсутствуют.

Лечение ран, нанесенных косатками, производится так же, как и при укусах рыб, а меры предупреждения нападений не отличаются от мер, принимаемых в районе обитания хищных рыб.

8.19.6. Ядовитые рыбы

Имеется более 250 видов рыб, обладающих ядовитыми железами, которые могут вызвать отравление человека. Ядовитые рыбы встречаются во всех широтах, но особенно они распространены в тропических и субтропических районах. Большинство этих рыб относится к придонным видам.

Наиболее распространенными из придонных рыб являются скаты (рис. 131 А), у которых на хвосте имеется один или несколько острых зазубренных шипов. В бороздках, проходящих вдоль шипов, расположены ядовитые железы. С помощью шипов скат может нанести глубокую рваную рану, куда попадает секрет ядовитых желез. Скаты встречаются у побережий, начиная от приливной зоны до глубины 30 м, в морях и океанах всех широт.

В водах у берегов России (Черное, Японское моря и южная часть Балтийского моря) обитают морские дракончики, или скорпионы (рис. 131

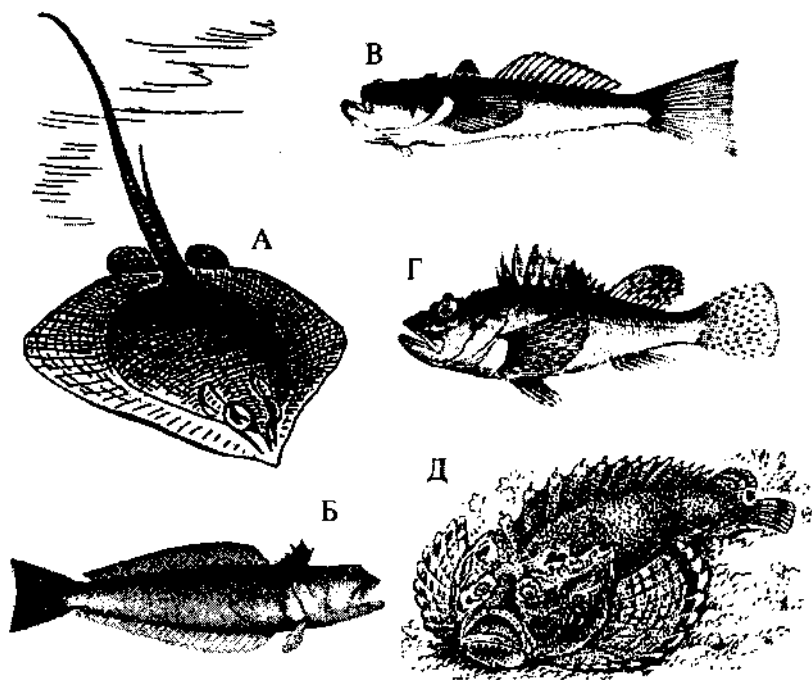


Рис. 131. Ядовитые рыбы: А - скат-хвостокол, Б - морской дракончик (скорпион), В - звездочет, Г — скорпена, Д - бородавчатка

Б). Это рыбы длиной 15—50 см, вооруженные двумя жаберными шипами и шестью ядовитыми колючками передних спинных плавников. Защищая свой участок территории, они могут активно нападать на человека.

Ядовитые шипы на жаберных крышках имеют также звездочеты (рис. 131 В), распространенные у южных и юго-восточных берегов Азии, и рыбы-жабы, обитающие у побережий Европы, Африки и Индии.

Скорпена, или морской ерш (рис. 131 Г), распространенная на африканском побережье, имеет длину до 40 см, ведет придонный образ жизни. На плавниках и жаберных крышках расположены шипы и ядовитые колючки.

У берегов Индии и Юго-Восточной Азии обитают бородавчатки (рис. 131 Д), яд которых вызывает наиболее тяжелые отравления, сопровождающиеся параличами и нередко кончающиеся смертельным исходом в течение ближайших часов или суток. Бородавчатки наносят ранки короткими и крепкими шипами спинных плавников, покрытыми ядовитой слизью.

Помимо донных рыб отравление человека могут вызвать также рыбы, плавающие в толще воды: морские окуни, крылатки и др. Эти рыбы наносят яд острыми иглами плавников.

Ядовитые виды имеются также среди сомовых рыб, характерной особенностью которых является большое количество усовидных придатков вокруг рта. Первые лучи спинных и грудных плавников этих рыб снабжены ядовитыми железами. Ядовитые сомы встречаются в океанах и пресных водоемах почти всех континентов, за исключением Европы.

Некоторые виды акул также могут быть отнесены к ядовитым рыбам. Впереди их спинных плавников имеются шипы, снабженные ядовитыми железами. Отравления людей могут быть при поражении ядовитыми шипами катранов.

При ранении шипами или лучами плавников ядовитых рыб в тяжелых случаях (особенно при отравлении ядом морского дракончика) непосредственно после укола возникает резкая жгучая боль, интенсивность которой бывает настолько велика, что пострадавший кричит и может потерять сознание. При действии некоторых видов яда болевая чувствительность вокруг раны может быть понижена или может отсутствовать. Болезненность постепенно распространяется на всю конечность. Бледность вокруг ранки сменяется гиперемией и синюшностью, затем пораженная область отекает. Боль продолжается в месте укола в течение нескольких часов и даже нескольких дней. Иногда отмечаются кровоизлияния в ткани, воспаление лимфатических сосудов и узлов. Нередко присоединяется вторичная инфекция ран, в результате чего возникают абсцессы, флегмоны, лихорадочное состояние. Впоследствии может наступить некроз тканей в окружности раны, появиться гангрена, сепсис, столбняк. Возможен паралич пораженной конечности. Могут наблюдаться общие симптомы отравления: слабость, головокружение, тошнота, рвота, нарушение функций дыхания, снижение артериального давления, сердечная недостаточность, бред, боли в суставах и др. Возможно появление судорог, параличей и парезов, может наступить шок. Без лечения симптомы нарастают в течение 6—8 ч, возможен смертельный исход.

Отравление ядовитыми рыбами, не связанное с водолазными спусками, возможно при употреблении этих рыб в пищу. Отравление развивается по механизму желудочно-кишечных расстройств, нарушений деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем с аллергическими и нервно-паралитическими явлениями. Опасность отравления усугубляется тем, что люди, употребившие в пищу ядовитых рыб, обычно не замечают неприятного запаха и вкуса и, напротив, часто утверждают, что рыба была очень вкусной. Но через некоторое время у них появлялись непонятный страх, общая слабость, головокружение, нервное возбуждение, тяжесть и боли в желудке, тошнота, рвота, понос. При отравлении в легкой форме больной быстро поправляется. При сильных отравлениях отмечаются усиливающиеся мучительные боли в области желудка, сухость во рту, бледность лица, брадикардия, неудержимая рвота, судороги, снижение температуры тела. Появляются гиперемия и отек кожи, мелкая кожная сыпь и зуд кожи. Отмечаются ослабление дыхания, аритмия сердца, отсутствие реакции зрачков на свет, посинение конечностей. После поражения дыхательных и двигательных центров головного мозга быстро наступает смерть. При благоприятном исходе выздоровление растягивается на длительный срок и сопровождается стойкими осложнениями в виде ослабления зрения, пониженной кожной чувствительности, гастроэнтеритов.

В случае отравления печенью, икрой, молоками и мясом некоторых ядовитых рыб (таких, как фуру, половые железы которой чрезвычайно ядовиты) через 10-15 мин после еды появляются зуд губ и языка, обильное слюноотделение, онемение конечностей, мышечная слабость, расстройство координации движений. Смерть может наступить в течение суток от удушья.

Первая помощь при поражении ядовитыми рыбами заключается в подъеме водолаза на поверхность, освобождении его от снаряжения и осуществлении лечебных мероприятий, направленных на ликвидацию локальных нарушений и поддержание основных функций организма.

Первичными мероприятиями оказания помощи являются следующие:

- удаление из пораженного участка впившихся в кожу колючек, шипов, обломков игл и др.;
- отсасывание в первые 10—15 мин яда из ранки (предпочтительно через 2-3 слоя марли) с массажем окружающих тканей по направлению к месту поражения;
- промывание пораженного участка 3 %-ным раствором перекиси водорода, протирание спиртом, обработка олазолем, наложение асептической повязки и поверх нее согревающего компресса;
- в случаях тяжелого поражения наложение на конечность шины и фиксация ее в приподнятом положении;
- назначение для обезболивания 2 таблеток анальгина по 0,5 г и 1 таблетки валерианы (0,02 г);
- обильное горячее питье (чай, кофе), теплое укутывание пораженного.

Вместо отсасывания яда может быть наложена давящая повязка на пораженную конечность выше места повреждения и возможно ближе к нему, после чего конечность опускают на 20—30 мин в горячую воду с добавлением в нее небольшого количества поваренной соли. Если рана имеется на лице или туловище, то можно применить горячие влажные компрессы.

Рваные раны, нанесенные зазубренными шипами хвосточек и сомов, часто требуют хирургической обработки.

При сильных болях пораженную конечность выше области отека обкалывают 0,25 %-ным раствором новокаина, вводят 1 мл 1-2 %-ного раствора пантопона под кожу.

По показаниям назначают глюконат кальция (5—10 мл 10 %-ного раствора внутривенно или внутрь по 0,5 г 4 раза в день), антигистаминные препараты и глюкокортикоиды (0,05 г димедрола или 0,025 г дипразина внутрь, 1 мл 1 %-ного раствора димедрола или 1 мл 2,5 %-ного раствора дипразина внутримышечно), сердечные средства (1 мл 10 %-ного раствора коразола или 1 мл кордиамин под кожу, 0,5—1 мл 0,06 %-ного раствора коргликона в 20 мл 40 %-ного раствора глюкозы внутривенно медленно).

Для предотвращения сывороточной болезни следует ввести пострадавшему 1 мл 0,1 %-ного раствора адреналина подкожно, 10 мл 10 %-ного раствора глюконата кальция внутривенно, 0,025—0,05 г суспензии кортизона или 1 мл 3 %-ного раствора преднизолона внутримышечно, 1 мл 1 %-ного раствора димедрола внутримышечно.

Антитоксическая сыворотка применяется лишь против яда бородавчатников. Немедленное ее введение служит наиболее эффективным средством первой помощи и лечения при отравлениях ядом этих рыб. При отсутствии сыворотки рекомендуется в первые 30 мин после поражения ввести в ранку 1 %-ный раствор хлористого эметина.

В случае позднего срока оказания первой помощи и загрязнения раны для предотвращения вторичной инфекции делают противостолбнячные прививки и применяют антибиотики.

Первая помощь и лечение отравлений ядовитыми рыбами при употреблении их в пищу включает следующие мероприятия:

- немедленную очистку желудка обильным питьем (10-12 л воды с добавлением поваренной соли в количестве 1 столовой ложки на 1 л воды или 10—12 л слабого водяного раствора марганцовокислого калия) с вызыванием рвоты;

- прием 5-6 таблеток активированного угля;
- применение слабительного;
- теплое укутывание пострадавшего и согревание грелками;
- симптоматическое медикаментозное лечение для поддержания функций основных жизненно важных органов (дыхательные analeптики, сердечно-сосудистые и тонизирующие средства, поддержание функций центральной нервной системы и печени и т.д.).

Водолазное снаряжение защищает от поражения токсинами мелких ядовитых рыб, но крупные скаты способны проколоть даже ласты. Поэтому при хождении по дну там, где они встречаются, надо волочить ноги, чтобы не наступить на ската.

Не следует брать незащищенными руками пойманных рыб неизвестных видов и употреблять их в пищу. Не рекомендуется употреблять в пищу рыб яркой окраски, лишенных боковых плавников, чешуи, имеющих округлую голову, клювовидные челюсти, а также малоподвижных рыб с кожными язвами и наростами, кровоизлияниями и опухолью внутренних органов. Даже у известных рыб потенциально опасны икра, молоки и печень.

8.19.7. Морские змеи

Морские змеи насчитывают 54 вида, многие из которых ядовиты и представляют опасность для человека (рис. 132). Их ядовитый аппарат состоит из ядовитых желез, протоки которых открываются у вершин передних зубов. Морские змеи распространены в тропических районах океанов, встречаются в устьях рек. Обычно они не удаляются от берега более чем на 50 км, держатся у поверхности воды, но могут часами оставаться под водой.

Морские змеи обычно не проявляют агрессивности по отношению к человеку, а кусают людей лишь в целях самозащиты, если человек неожиданно появляется вблизи змеи, пытается ее поймать. Более раздражительными и активными становятся лишь самцы в период размножения.

Крупные змеи (до 2,5 м) могут прокусить ткань гидрокombинезона (гидрокостюма) и поранить кожу.

Яды многих морских змей по силе своего действия во много раз превосходят токсины наиболее опасных наземных змей (может в 8—10 раз превосходить силу действия яда кобры). Однако смертельные исходы регистрируются лишь в 17—25 % случаев, так как доза вводимого яда, как правило, бывает незначительной, а поражение развивается более медленно. Укус морской змеи почти безболезнен, местная реакция на месте укуса не возникает. Через 0,5–1,5 ч или через несколько часов после укуса появляются рвота, нарушение функции двигательной мускулатуры, ноющая боль в мышцах, затруднения при движении конечностей. Отмечаются спазм жевательной мускулатуры, птоз век. Нарушаются речь и глотание. Исчезают рефлексы, развивается паралич восходящего типа, который начинается с ног и постепенно захватывает другие группы мышц. Кожа больного становится холодной, влажной и синюшной. Край раны

и окружающие ткани отекают. Пульс слабый и аритмичный, зрачки расширены, но на свет реагируют. Сознание в большинстве случаев сохраняется. При тяжелых интоксикациях смерть чаще наступает в течение первых 8 ч и, как правило, не позднее первых суток после укуса.

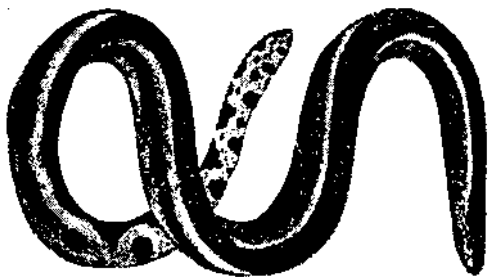


Рис. 132. Желтобрюхая морская змея

Оказание первой помощи и лечение заключаются в немедленном введении внутримышечно в ягодицу или межлопаточную область антитоксической поливалентной сыворотки, содержащей фракцию яда аспидов (крайта, кобры). Специальная сыворотка против ядов морских змей не производится.

Предварительно следует внутримышечно ввести 0,025—0,05 г кортизона в виде суспензии в изотоническом растворе хлористого натрия для предотвращения реакции на сыворотку, которая наблюдается часто. Если сывороточная болезнь все же начинает развиваться, вводят подкожно адреналин (0,3—1 мл 0,1 %-ного раствора), медленно внутривенно глюконат кальция (10 мл 10 %-ного раствора) или суспензию преднизолона (0,03 г), внутримышечно суспензию кортизона (0,025—0,05 г), внутривенно димедрол (1 мл 1 %-ного раствора). После введения сыворотки ранку обрабатывают антисептическим раствором, накладывают повязку и производят иммобилизацию поврежденной конечности.

При отсутствии сыворотки можно попытаться в первые несколько минут после укуса змеи отсосать часть яда из ранки ртом. Отсасывать нужно очень энергично в течение 10–25 мин, одновременно массируя окружающие ткани по направлению к ранке. Больному рекомендуется выпить большое количество горячего чая и тепло укрыться.

Дальнейшее лечение состоит во введении большого количества жидкости (капельное вливание физиологического раствора, глюкозы внутривенно, переливание крови) и в симптоматическом лечении по показаниям. Противопоказаны разрезы и прижигание ранки, наложение на пораженную конечность жгута, прием алкоголя.

8.19.8. Кишечнополостные

К кишечнополостным относятся примитивные многоклеточные организмы типа стрекающих (медузы, сифонофоры, кораллы и др.), имеющие щупальцы со стрекательными клетками. Стрекательные клетки при прикосновении к их чувствительным строкам выбрасывают длинные нити с каналом внутри, которые могут вонзиться в кожу человека. По каналу нити в ткани впрыскивается ядовитая жидкость. Наиболее опасны кишечнополостные, распространенные в тропических районах между 45° северной и 40° южной широты.

Небольшая (диаметром до 45 мм) прозрачная медуза морская оса (рис. 133 А) считается самым опасным морским животным, от которого погибло людей больше, чем от акул. Яд морской осы близок по составу яду кобры, но превышает его по силе действия. Ужаленный морской осой человек может погибнуть через несколько минут.

Из медуз, встречающихся в дальневосточных водах России, тяжелые отравления может вызвать крестовичок, или гонионема (рис. 133 Б). Диаметр его колокола обычно не превышает 25 мм. На нем видна темная фигура в виде креста, образованная темноокрашенными половыми железами. Крестовички держатся на мелководях в зарослях водной растительности (зостеры). После прикосновения крестовичка по-

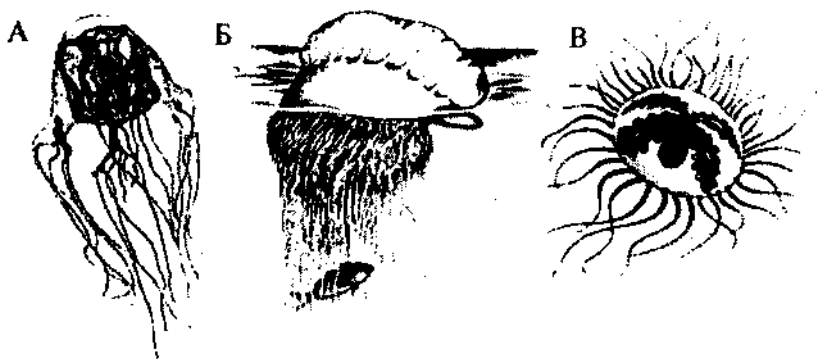


Рис. 133. Ядовитые медузы: А — морская оса, Б — физалия,
В — крестовичок (гонионема)

является резкая боль, как при ожоге. Возникают гиперемия кожи и мелкие пузырьки. Вскоре после поражения или через 10–30 мин появляются симптомы общей интоксикации: одышка, стеснение в груди, удушье (особенно затруднен выдох), сухой кашель, тошнота, боли в пояснице и суставах, онемение пальцев рук и ног. Острый период продолжается 4–5 сут, после чего обычно происходит выздоровление без неблагоприятных последствий, хотя встречаются стойкие и продолжительные патологические изменения в печени. Еще более опасны повторные встречи с крестовичком вследствие анафилоksии.

Физалия (рис. 133 В) из близкой к медузам группы сифонофор представляет собой колонию полипов, плавающую на поверхности воды за счет овального плавательного пузыря длиной до 20–30 см и шириной до 10 см, от которого вниз идут достигающие 30-метровой глубины щупальца-арканчики с пузырьками стрекательных клеток-нематоцист, заполненных ядовитой жидкостью. При прикосновении к щупальцам свернутая спиралью зазубренная стрекательная нить распрямляется и жалит тело отравленной стрелой. Яд физалий обладает нервно-паралитическим действием, сходным с действием яда кобры. При поражении этим ядом возникает нестерпимая боль в месте залпа стрекательных нитей. Через несколько минут конечность может оказаться парализованной, шемьящая боль распространяется на лимфатические узлы. Кожа в месте поражения синее, вздувается или на ней появляются мелкие пузырьки, напоминающие ожог крапивой. Возникают сильные боли в желудке и грудных мышцах, затруднение дыхания, приступы удушья и судороги. Пульс учащается и становится аритмичным. Боли могут приступообразно появляться и затухать, а через несколько часов исчезнуть. Однако описаны летальные исходы обширных ожогов у людей от воздействия стрекательного аппарата.

В состав яда медуз и сифонофор входят тетрамин, вызывающий паралич нервных окончаний; талассин, поражающий кровеносную систему; конгестин, имеющий анафилактическое действие, повышающий чувствительность организма к другим компонентам яда и влияющий



Рис. 134. Колония коралловых полипов

на дыхательный центр; гипнотоксин, действующий на центральную нервную систему, вызывающий оцепенение и сонливость.

В тропических районах у побережий на дне могут обитать похожие на растения колонии и одиночные формы коралловых полипов: кораллы, актинии, морские перья и цериантарии (рис. 134). По сравнению с ожогами медуз ожоги актиниями и кораллами менее опасны, но болезненны. Их яд содержит тетрамин. Кораллы могут вызвать механические по-

вреждения кожи острыми, как бритва, краями своего известкового скелета, в результате чего появляются длительно не заживающие язвы.

Пораженному ядом кишечнорастворимых надо помочь немедленно выйти из воды. Прилипшие к коже щупальцы медуз во избежание повторных ожогов надо удалить с помощью полотенца или тряпки. Для нейтрализации и удаления стрекательных нитей, вонзившихся в кожу, необходимо обтереть места поражения раствором аммиака, соды, 10 %-ным раствором формалина, раствором марганцовокислого калия, оливковым маслом, в крайнем случае — пресной водой с мылом. На пораженные участки накладывается повязка с левовинизолом или олазолом, пораженная конечность иммобилизуется, проводится симптоматическое лечение.

Для снятия болевого синдрома и предупреждения шока применяются наркотические средства (1-2 мл раствора морфина гидрохлорида, омнопона или промедола). Чтобы устранить мышечные спазмы, рекомендуются внутривенные инъекции 5—10 мл 10 %-ного раствора глюконата кальция. При резко выраженных аллергических явлениях назначают по 0,05—0,1 г кортизона 3 раза в день и антигистаминные препараты (0,05 г димедрола или 0,05 г дипразина 3 раза в день). В зависимости от показаний применяют стимуляторы сердечной деятельности и дыхания (1-2 мл 10 %-ного раствора кофеина-бензоата натрия, 2 мл 20 %-ного камфорного масла, 1 мл 10 %-ного раствора коразола, 1 мл кордиамин под кожей), при необходимости проводят искусственную вентиляцию легких.

Для снятия интоксикации от ожога крестовичком целесообразно ввести подкожно 1 мл 0,1 %-ного раствора адреналина или 1 мл 5 %-ного раствора эфедрина и внутривенно 30—40 мл 40 %-ного раствора глюкозы.

Наличие на водолазе гидрозщитной одежды надежно защищает от стрекательных клеток кишечнорастворимых. Во избежание ожогов крестовичками и другими медузами следует держаться подальше от зарослей водной растительности. Работая вблизи кораллов, нельзя прикасаться к ним голыми руками.

8.19.9. Моллюски

Среди моллюсков ядовитыми являются представители рода конус класса брюхоногих, имеющие ярко окрашенную раковину конической формы. Длина ее у большинства видов не превышает 10—20 см. Конусы (рис. 135 А) наносят укол острым, как игла, шипом, который высывается из узкого хоботка раковины. Внутри шипа проходит проток ядовитой железы, по которому в ранку впрыскивается очень сильный яд. В момент укола ощущается резкая боль. Местная воспалительная реакция слабая. На месте введения шипа заметна красноватая точка на фоне побледневшей кожи. Появляется ощущение острой боли или жжения, может наступить онемение пораженной конечности. В тяжелых случаях отмечается затруднение речи, быстро развиваются вялые параличи, исчезают коленные рефлексy. Через несколько часов может наступить смерть. При легких отравлениях все симптомы исчезают в течение суток.

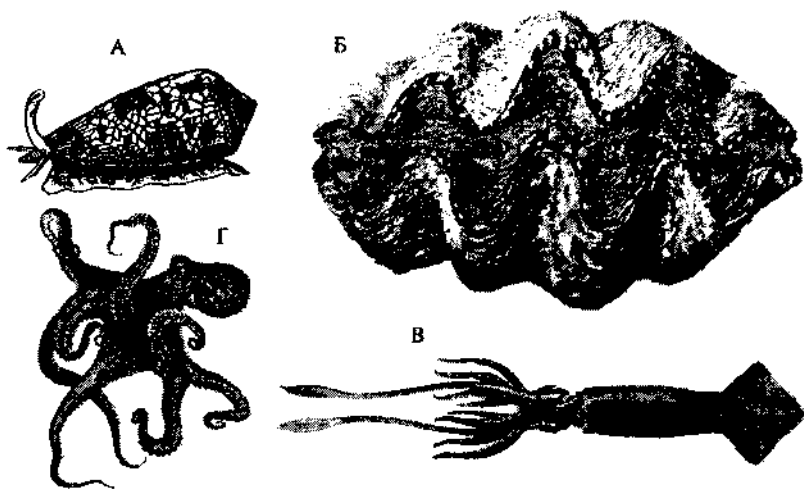


Рис. 135. Опасные моллюски: А — конус, Б — тридакна, В — гигантский кальмар, Г — гигантский осьминог

Первая помощь заключается в удалении из кожи обломков шипа. Место поражения протирается спиртом. Производится иммобилизация пораженной конечности. Больного в положении лежа доставляют на здравпункт или в лечебно-профилактическое учреждение, где производится симптоматическое лечение, как при поражении ядами кишечнорастворимых.

Для предупреждения поражения нельзя брать руками моллюсков с коническими и яйцевидными ярко окрашенными раковинами. При необходимости следует держать раковину за широкий конец и немедленно положить, если появится шип.

Представляет опасность, особенно для ныряльщика, самый большой в мире двустворчатый моллюск тридакна (рис. 135 Б), длина которой достигает 1,5 м, а масса 250-300 кг. Обитает в тропических водах Индийского и Тихого океанов. Попавшая по неосторожности в щель между приоткрытых створок конечность человека может быть, как тисками, зажата захлопнувшимися створками. Известны случаи, когда ныряльщики - ловцы губок в этом случае для спасения жизни отсекали себе конечность. Однако считается, что реальная опасность тридакны сильно преувеличена, поскольку они обычно легко заметны. При их наличии на грунте следует соблюдать осторожность, а в случае зажатия конечности необходимо разрезать ножом мускулы — замыкатели створок.

Головоногие моллюски (осьминоги, кальмары и каракатицы) не имеют раковины. Их рот, вооруженный роговыми челюстями, окружен 8-10 щупальцами с многочисленными присосками или крючьями.

Гигантские кальмары (рис. 135 В), длина щупальцев которых достигает 15 м, обитают на больших глубинах и при погружении водолаза на малую и средние глубины не встречаются. Крупные осьминоги (рис. 135 Г) с длиной щупальцев до 3 м осторожны и при приближении человека

стремятся заползти в расселины между камнями или в подводные пещеры. Осьминоги могут задержать ныряльщика на глубине. На 8 щупальцах взрослого осьминога располагается примерно 2 тысячи присосок с держащей силой около 100 гс каждая, т.е. общая держащая сила крупного осьминога может превысить 150 кгс. Такая опасность может возникнуть лишь при агрессии самого человека, чего следует избегать. В случае захвата щупальцами крупного осьминога ныряльщик для своего освобождения должен воспользоваться ножом, но не для отсечения щупальцев, а для нанесения удара в мозг, расположенный несколько выше глаз.

Достоверные сведения о неспровоцированных человеком нападениях осьминогов или кальмаров, даже имеющих гигантские размеры, отсутствуют. Однако реальную опасность представляет укус осьминога при неосторожном с ним обращении. В ранку может быть введен секрет ядовитых слюнных желез. При этом ощущаются острая боль и зуд в области укуса. Возникают местная воспалительная реакция, обильное кровотечение из ранки вследствие замедления процесса свертывания крови. Обычно через 2-3 суток наступает выздоровление. В то же время известны случаи тяжелых отравлений, при которых возникают симптомы поражения центральной нервной системы. Раны, нанесенные осьминогами, обрабатываются так же, как уколы ядовитых рыб.

8.19.10. Иголокожие

Из класса иголокожих ядовитые виды известны среди морских ежей, морских звезд и офиур, которые отличаются от звезд узкими и гибкими лучами.

Морские ежи (рис. 136 А) имеют длинные иглы, которыми они могут наносить очень болезненные раны. В момент укола хрупкие иглы обламываются, и куски их остаются в ране. Кроме того, полые иглы некоторых ежей содержат яд, при попадании которого в ранку ощущается сильная боль и возникает местная воспалительная реакция. В тяжелых случаях развиваются параличи двигательных нервов, происходит нарушение работы сердца. Боль обычно стихает в течение часа, остальные симптомы отравления исчезают через 2—4 ч. Более тяжелые отравления возникают при поражениях кожи педициллариями морских ежей. Педицилларии представляют собой видоизмененные короткие иглы, заканчивающиеся небольшими щипчиками, у основания которых находятся ядовитые железы. При повреждениях кожи ядовитыми педициллари-

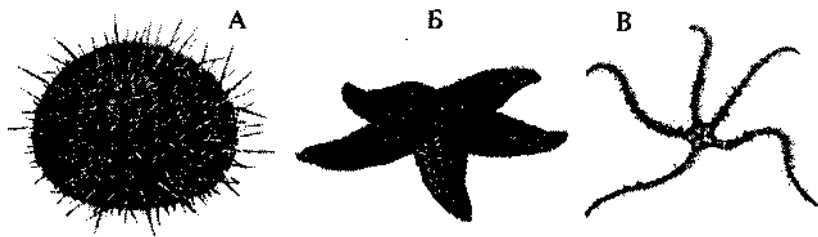


Рис. 136. Иголокожие: А — морской еж, Б — морская звезда, В — офиура

ми кроме жгучей боли и местной воспалительной реакции может возникнуть чувство онемения языка, губ, век и конечностей, головная боль. Могут отмечаться нарушения деятельности желудочно-кишечного тракта: тошнота, рвота и диарея.

Хотя при отравлении ядом педициллярий морских ежей описаны смертельные исходы, в большинстве случаев осложнений не бывает и через несколько часов наступает выздоровление.

Некоторые виды морских звезд (рис. 136 Б) и офиур (рис. 136 В) имеют на верхней поверхности тела ядовитые шипы, которые могут наносить ранки. При этом возникают тяжелые дерматиты, сопровождающиеся в некоторых случаях симптомами общего отравления (головокружением, рвотой). Болезнь может продолжаться до недели.

При оказании первой помощи следует извлечь из ранки обломки игл и шипов. Иногда это удается сделать лишь хирургическим путем. Пораженное место обрабатывается спиртом, и на него накладывается асептическая повязка. Конечность иммобилизуется, проводится симптоматическое лечение, как при уколах ядовитых рыб.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов В.К., Алексеев В.А., Буленков С.Е., Герман Е.Э. и др. Учебник специальной физиологии: Часть I / Под ред. Е.Э.Германа. — Л.:ВММА, 1955.294с.
2. Аннин В.П. Патология и гигиена водолазного дела. - Л., 1928, 48 с.
3. Аскеров А.А., Кронштадтский-Карев В.И. Врачебный контроль при занятиях подводным спортом. — М.: Медицина, 1971. 208 с.
4. Бер П. Барометрическое давление: Частичный пер. с фр. В.П.Аннина. О влиянии повышенного барометрического давления на животный и растительный организмы. — Петроград, 1916. 647 с.
5. Бресткин М.П. Функции организма в условиях измененной газовой среды. Л.: ВМедА, 1968, 64 с.
6. Буленков С.Е., Гриневич В.А., Смолин В.В., Александров И.А. Водолаз-глубоководник: Учебное пособие / Под ред. З.С.Гусинского и Г.Н.Мешалова. — М.: Воениздат, 1962. 296 с.
7. Ван Лир Э. Аноксия и влияние ее на организм: Пер. с англ. — М.: Медгиз, 1947.252с.
8. Вишняков В.А., Меренов И.В. Глубоководная водолазная техника. - Л.: Судостроение, 1982. 240 с.
9. Водолаз речного флота / Столбов А.А., Ларионов В.Г., Корчинский Л.А., Гейро А.Б. — М.: Транспорт, 1978. 104 с.
10. Временная инструкция по оказанию квалифицированной терапевтической помощи акванавтам в барокамере под давлением / Есартя Д.Т. - М.: Минздрав СССР. 1987. 44 с.
11. Гольдин Э.Р., Козлов В.П., Челышев Ф.П. Подводно-технические, судоподъемные и аварийно-спасательные работы: Справочник. — М.: Транспорт, 1990. 336 с.
12. Граменицкий П.М. Декомпрессионные расстройства // Проблемы космической биологии, т. XXV. - М.: Наука, 1974. 350 с.
13. Действие гипербарической среды на организм человека и животных / Куренков Г.И., Яхонтов Б.О., Сыровегин А.В., Стерликов А.В., Николаев В.П., Вандышев Д.Б. // Проблемы космической биологии, т. 39. - М.: Наука, 1980.259с.
14. Декомпрессионная (кессонная) болезнь: Библиографический указатель отечественной и иностранной литературы / Аверьянов В.А., Белостоцкая Г.Е. — Л.: ВМедА, 1961. 48 с.
15. Дэвис Р. Глубоководные водолазные спуски и подводные работы: Пер. с англ. — М.: Морской транспорт, 1940. 400 с.
16. Елинский М.П., Попов А.К. Неврологические формы декомпрессионной (кессонной) болезни. — Л.: ВМедА, 1966, 64 с.
17. Жиронкин А.Г. Кислород. Физиологическое и токсическое действие. - Л.: Наука, 1972. 172 с.
18. Жиронкин А.Г., Панин А.Ф., Сорокин П.А. Влияние повышенного парциального давления кислорода на организм человека и животных. - Л.: Медицина, 1965. 188 с.

19. Зальцман Г.Л. Физиологические основы пребывания человека в условиях повышенного давления газовой среды. — Л.: Медгиз, 1961. 188 с.
20. Зальцман Г.Л., Кучук Г.А., Гургенидзе А.Г. Основы гипербарической физиологии. — Л.: Медицина, 1979. 320 с.
21. Занин В.Ю., Малюзенко Н.Н., Чебыкин О.В. Снаряжение подводного пловца. — СПб.: Макет, 1997. 180 с.
22. Индифферентные газы в водолазной практике, медицине и биологии / Под общ. ред. В.М.Баранова. — М.: Фирма «Слово», 2000. 240 с.
23. Инструкция по медицинскому отбору и освидетельствованию акванавтов, водолазов-глубоководников, водолазных специалистов, врачей, обеспечивающих глубоководные водолазные спуски, и специалистов-исследователей / Гарибджанов В.А., Назаренко В.А., Тизул А.Я., Воронков Ю.И., Крупина Т.Н., Смолин В.В., Соколов Г.М. и др. — М.: Минздрав СССР, Мингазпром, 1987. 80 с.
24. Инструкция по медицинскому отбору и освидетельствованию водолазов/ Куренков Г.И., Гарибджанов В.А., Евстропова Г.Н., Смирнов В.А., Горбань В.Л., Тихонов С.В., Воронков Ю.И., Тизул А.Я. и др. — М.: Минздрав СССР, 1985. 104с.
25. Инструкция по медицинскому отбору и освидетельствованию экипажей обитаемых подводных аппаратов / Гарибджанов В.А., Назаренко В.А., Тизул А.Я., Воронков Ю.И., Крупина Т.Н., Смолин В.В., Соколов Г.М. и др. — М.: Минздрав СССР, Мингазпром, 1987. 57 с.
26. Инструкция по обеспечению санитарно-гигиенического режима при эксплуатации глубоководных водолазных комплексов / Балашов О.И., Гении А.М., Викторов А.Н., Ильин В.К., Попов И.Г, Скрупский В.А., Смирнов В.А., Смолин В.В., Сысоев А.Б. — М.: Минздрав СССР, 1988. 28 с.
27. Инструкция по оказанию квалифицированной хирургической помощи акванавтам в барокамере под давлением / Берелавичус В.Ю. — М.: Минздрав СССР, 1987. 26 с.
28. Инструкция по профилактике и лечению поражений, вызываемых опасными морскими животными / Горбань В.Л., Рождественская М.Н., Куренков Г.И., Гарибджанов В.А., Евстропова Г.Н., Громадецкий Б.В. - М.: Минрыбхоз СССР, 1989. 34 с.
29. Клименко Н.А., Кривошеенко Н.К., Шпакович Ф.А., Бобрицкий Т.И. Учебник водолаза. - М.: Воениздат, 1956. 376 с.
30. Крепе Е.М. К истории развития подводной физиологии в нашей стране // Физиология человека, 1975, № 6, с. 936-951.
31. Лазарев Н.В. Биологическое действие газов под давлением. — Л.: ВММА, 1941.220с.
32. Майлс С. Подводная медицина: Пер. с англ. — М.: Медицина, 1973.328с.
33. МайольЖ. Человек-дельфин: Пер. с фр. - М.: Мысль, 1987. 256 с.
34. Максименко В.П., Нехорошее А.С., Сузовикин В.Д. Водолазное дело. - М.: ДОСААФ, 1971. 288 с.
35. Медицинская помощь при утоплении и профессиональных заболеваниях водолазов: Руководство для врачей /АксельродА.Ю., Гу-

синский З.С., Костюченко А.Л., Лебедева Л.В., Левин Ю.М., Юн-кин И.П. / Под ред. И.А.Сапова, Ю.Н.Шанина. - Л.: Медицина, 1980.240с.

36. Медицинские проблемы подводных погружений / Под ред. П.Б.Беннетта и Д.Г.Эллиота: Пер. с англ. - М.: Медицина, 1988. 672 с.

37. Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ. Часть I. Правила водолазной службы / Святенко А.В., Абрамов Ю.А., Головатая Л.В. — Ростов-на-Дону. 2001.

38. Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ. Часть II. Медицинское обеспечение водолазов / Несси-рио Б.А., Вишняков В.А., Медведев Л.Г., Логунов К.В., Вётош А.Н, Шишков А.Л. - СПб. 2001.

39. Меренов И.В., Лазарев-Станищев Б.В. Спортсмен-легководолаз (Подводный спорт). - М.: Воениздат, 1961. 232 с.

40. Меренов И.В., Смирнов А.И., Смолин В.В. Водолазное дело: Терминологический словарь. — Л.: Судостроение, 1989. 224 с.

41. Меренов И.В., Смолин В.В. Справочник водолаза. — Л.: Судостроение, 1990.400с.

42. Миллер Д. (Тарас А.Е.) Подводный спецназ: история, операции, снаряжение, вооружение, подготовка боевых пловцов. - Минск: Харвест, 1999. 432 с.

43. Мясников А.П. Медицинское обеспечение водолазов, аквалангистов и кессонных рабочих. — Л.: Медицина, 1977. 208 с.

44. Мясников А.П. Подводный спорт и здоровье. - Л.: Знание, 1963. 48с.

45. Назаркин В.Я. Барогипертензионные поражения и баротравма легких при погружении человека под воду. - Л.: ВМедА, 1979. 60 с.

46. Неговский В.А. Актуальные проблемы реаниматологии. — М.: Медицина, 1971.

47. Нехорошев А.С. Меры безопасности при погружении под воду. — М.: ДОСААФ, 1975. 62 с.

48. Орбели Л.А., Бресткин М.П., Кравчинский Б.Д. и др. Токсическое действие азота и гелия на животных при повышенном атмосферном давлении // Военно-мед. сборник, 1944, № 1, с. 109-118.

49. Орбели Р.А. Исследования и изыскания: Материалы к истории подводного труда с древнейших времен до наших дней. — М.; Л.: Речиздат, 1947.284с.

50. Орлов Д.В. Осторожно! Опасные морские животные! - М.: МГУ им. М.В.Ломоносова, 1998. 128 с.

51. Орлов, Д, Сафонов М. Я и акваланг. — М.: Русский университет, 2000, 288 с.

52. Основные направления научных исследований в области медицинского обеспечения поисковых и аварийно-спасательных работ / Дмитрук А.И., Фокин А.П., Медведев Л.Г. - СПб., 1999. 28 с.

53. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Соколов Г.М. Краткая история развития гипербарической физиологии и водолазной медицины. Справочное пособие. М.: Фирма «Слово», 1999, 68 с.

54. Павловский К.А. Гигиена и физиология спусков под воду в раз-
личном водолазном снаряжении: Учебник. - М.: Наркомречфлот СССР,
1943. 64с.
55. Перехвальский В.С., Салов А.Н., Угланов М.А. Подводно-техни-
ческие работы на речном транспорте: Учебник для вузов. — М.: Транс-
порт, 1986. 254с.
56. Перечень оснащения врачебного здравпункта объекта глубоко-
водных водолазных работ / Гарибджанов В.А., Евстропова Г.Н., Смо-
лин В.В., Есартя Д.Т., Берелавичус В.Ю., Соколов Г.М. - М.: Минздрав
СССР, 1987. 24с.
57. Петровский Б.В., Ефуни С.Н. Основы гипербарической оксиге-
нации. — М.: Медицина, 1976. 346 с.
58. Плакаты по безопасности труда водолазов. — М.: ЦРИА «Морф-
лот», 1982. 53 с.
59. Подводная технология / Коробков В.А., Левин В.С., Лукошков
А.В., Серебrenицкий П.П. - Л.: Судостроение, 1981. 240 с.
60. Подводные дыхательные аппараты: Методические рекомендации
/ Ороков А.В. - М.: НИИ культуры РСФСР, 1990. 90 с.
61. Подводный спорт и здоровье / Андреева С.К., Мартынов А.И.,
Павлов В.И., Разводовский В.С., Верткий А.Л., Бекетова И.Л. / Под
ред. С.К.Андреевой и др. - М.: ДОСААФ, 1980. 223 с.
62. Положение о врачебном здравпункте объекта глубоководных во-
долазных работ/ Гарибджанов В.А., Евстропова Г.Н., Смолин В.В., Со-
колов Г.М. - М.: ДОСААФ, 1986. 3 с.
63. Положение о медицинском обеспечении военно-технических ви-
дов спорта. - М.: Медицина, 1974.
64. Положение, регламентирующее режимы труда и отдыха водола-
зов, занятых добычей и разведением морепродуктов / Горбань В.Л.,
Рожков В.А., Рождественская И.Н., Куренков Г.И., Гарибджанов В.А.,
Евстропова Г.Н., Громадский Б.В. - М.: Минрыбхоз СССР, 1988. 28 с.
65. Положение, регламентирующее режимы труда и отдыха водола-
зов, занятых очисткой подводных объектов от обрастаний / Горбань
В.Л., Рожков В.А., Лахов Ф.П., Шулагин Ю.А., Рождественская И.Н.,
Куренков Г.И., Гарибджанов В.А., Евстропова Г.Н., Громадский Б.В. —
М.: Минрыбхоз СССР, 1988. 50 с.
66. Правила водолазной службы Военно-Морского Флота. ПВС
ВМФ-85. Часть I. Организация водолазного дела в ВМФ, спуски на
малые и средние глубины. — М.: Воениздат, 1987. 160 с.
67. Правила водолазной службы Военно-Морского Флота. ПВС
ВМФ-85. Часть III. Медицинское обеспечение водолазов ВМФ. Раз-
дел 1. Общие требования. Оказание медицинской помощи при профес-
сиональных водолазных заболеваниях. — М.: Воениздат, 1987. 200 с.
68. Правила классификации и постройки обитаемых подводных ап-
паратов и глубоководных водолазных комплексов. - СПб.: Регистр мор.
судов. РФ, 1994, 126с.
69. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работа-
ющих под давлением (ПБ 10-115-96).- М.: ПИООБТ, 1996. 242с.

70. Прикладовицкий С.И. Физиология и патология водолазных работ в изолирующих кислородных приборах. — М.: Воениздат, 1936.
71. Профессиональное водолазное оборудование: Комплект проспектов. — СПб.: Компания «Акватекс», 2000. 92 с.
72. Профессиональное водолазное снаряжение: Комплект проспектов. — М.: Инженерная фирма «ТЕТИС», 2000. 98 с.
73. Руководство к практическим занятиям по физиологии подводного плавания. / Под ред. В.И.Кулешова. — СПб.: ВМедА, 1998. 215 с.
74. Руководство по гипербарической оксигенации (теория и практика клинического применения) / Аксельрод А.Ю., Ашурова Л.Д., Бажанов Н.Н. и др. / Под ред. С.Н.Ефуни. — М.: Медицина, 1986. 416 с.
75. Руководство по медицинскому обеспечению водолазных спусков в условиях воздействия ионизирующих излучений при выполнении работ на подводно-технических объектах Минатома России (для водолазных врачей, фельдшеров и руководителей водолазных спусков) / Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н., Довгуша В.В., Гуменюк М.Н. — М.: Минздрав России, Минатом России, 1998. 223 с.
76. Руководство по подводному спорту. — М.: ДОСААФ, 1979.
77. Руководство по проведению глубоководных водолазных спусков. РД39.121.92/Соколов Г.М., Купершмидт А.В., Смолин В.В. — М.: Минтопэнерго России, 1992. 130 с.
78. Санитарные нормы шума при работе в водолажном вентилируемом снаряжении и требования по ограничению его вредного воздействия на водолаза. / Куренков Г.И., Лахов Ф.П., Стенько Ю.М., Стерликов А.В., Суворов Г.А., Белухин А.К. — М.: Минздрав СССР, 1983. 8 с.
79. Сапов И.А., Солодков А.С., Назаркин В.Я., Разводовский В.С. Физиология и патология подводных погружений и меры безопасности на воде: Учебное пособие. — М.: ДОСААФ, 1986. 256 с.
80. Серебrenицкий П.П. Техника подводного спорта. — Л.: Лениздат, 1969. 462 с.
81. Следков А.Ю. Глубинное опьянение (Азотный наркоз). СПб., 1999. 48 с.
82. Следков А.Ю. Нейрофармакологические основы развития и предотвращения НСВД и азотного наркоза. — СПб.: Лана-Медика, 1995. 226с.
83. Слесарев О.М., Рыбников А.В. Водолазное дело: Справочник. — СПб.: Игрек, 1996.306с.
84. Справочник водолаза / Буленков С.Е., Маурер А.Ф., Самойлов Б.П., Тюрин В.И., Вишняков В.А. / Под ред. Е.П.Шиканова. — М.: Воениздат, 1973. 473 с.
85. Справочник пловца-подводника/ Буленков С.Е., Тюрин В.И., Самойлов Б.П., Рослак О.Н., Чириманов Э.В. / Под ред. Е.П.Шиканова. — М.: Воениздат, 1977. 256 с.
86. Справочник специалиста аварийно-спасательной службы ВМФ. Часть III. Водолазное дело и спецфизиология. Подводно-технические работы/ Буленков С.Е., Александров И.А., Гусинский З.С., Смолин В.В. и др. / Под ред. Н.П.Чикера. — М.: Воениздат, 1968. 500 с.

87. ССБТ. Правила устройства и безопасной эксплуатации на морских нефтегазопромыслах водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков без использования глубоководного водолазного комплекса. РД 51-01-21-86 / Иваницкий А.А., Марченко Н.П., Пахомов И.С., Хлыбова Л.И. — М.: Мингазпром, 1987. 60 с.
88. Сурувикин В.Д. Медицинская помощь пострадавшим на воде. - М.: ДОСААФ, 1964. 136с.
- 89. Тарас А.Е., Бешанов В.В. Люди-лягушки: История подводных диверсионных сил и средств. Мн.: Харвест, М.: АСТ, 2000. 528 с.
90. Тюрин В.И. Внимание, глубина! - М.: ДОСААФ, 1974. 130 с.
91. Тюрин В.И. Механическое воздействие повышенного давления на организм (баротравма среднего и внутреннего уха и придаточных полостей носа). - СПб.: ВМедА, 1998. 50 с.
92. Тюрин В.И. Пожары в водолазных и лечебных барокамерах и их профилактика - СПб.: ВМедА, 1998. 42 с.
93. Указания по тренировке водолазов-глубоководников. Дополнения к Правилам подготовки специалистов АСС ВМФ (ППС-АСС-68) / Соколов Г.М., Сорокин В.Г., Александров И.А. — М.: Воениздат, 1977. 40 с.
94. Фадеев В.Г., Печатин А.А., Сурувикин В.Д. Человек под водой. Устройство и использование водолазного аппарата «Подводник-1». - М.: ДОСААФ, 1958. 152с.
95. Фельдман Г.Э., Ефуни С.Н., Куренков Г.И., Малкин В.Б., Сабурова Л.М., Старостин Б.А. Поль Бер (1833-1886) / Под ред. А.Г.Жиронкина и Е.М.Крепса. - М.: Наука, 1979. 288 с.
96. Физиология подводного плавания и аварийно-спасательного дела: Учебник/ Под ред. И.А.Сапова. — Л.: ВМедА, 1986. 436 с.
97. Хаукс Г. Подводная техника: Пер. с нем. - Л.: Судостроение, 1979. 288с.
98. Холдэн Дж., Пристли Дж. Дыхание: Пер. с англ. — М.; Л., 1937. 462с.
99. Холстед Б. Опасные морские животные: Пер. с англ. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. 160 с.
100. Чернов А.А. Гомо акватикус. — М.: Молодая гвардия, 1968. 320 с.
101. Чикер Н.П. Служба особого назначения. - М.: ДОСААФ, 1975. 224с.

ОСНОВЫ ДАЙВИНГА



Куриков Сергей Сергеевич — курс-директор PADI, инструктор подводного спорта, имеет более 3000 дайвов. Родился в 1962 году. Окончил Институт радиоэлектроники и автоматики. С 1983 года работал в системе ДОСААФ в Московском городском спортивно-техническом клубе подводного спорта «Дельфин». Является организатором первого в России семинара инструкторов PADI и старшим

инструктором клуба дайверов «Акванавт». Член-корреспондент Международной академии наук, экологии и безопасности жизнедеятельности.

Цель данного раздела — ознакомить профессиональных водолазов, водолазных специалистов и водолазных врачей с достаточно новым для них понятием - «дайвинг».

В переводе с английского слова «diving» означает «ныряние», «прыжки в воду», «погружение», «водолазное дело». Другими словами — это «подводное плавание» или «плавание с аквалангом». Но необходимо отметить, что само слово «акваланг» в сочетании с понятием «подводное плавание» свободно используется только в России. Во всех других странах мира оно практически не употребляется, так как это слово, что называется, «запатентовано», и в «законопослушных» странах его запрещено использовать без официального разрешения. Во всем мире для обозначения акваланга применяется термин «SCUBA» — аббревиатура от «self-contained underwater breathing apparatus», что означает «подводное плавание со специальными дыхательными аппаратами», и вместо термина «погружение с аквалангом» применяется термин «скубадайвинг».

История дайвинга ведет свой отсчет с 1943 года, когда Жаком-Ивом Кусто и Эмилем Ганьяном был изобретен акваланг. Безусловно, он имел некоторые недостатки: сравнительно большую массу, весьма ограниченное время пребывания под водой, низкий *кпд* по расходу воздуха, но вместе с тем отличался высокой надежностью, безотказностью в работе, пригодностью для использования без каких бы то ни было существенных ограничений по здоровью, простотой и легкостью в обращении, возможностью плавания под водой в отличие от вентилируемого снаряжения, а также возможностью погружения на достаточно большую глубину по сравнению с аппаратами с замкнутой схемой дыхания кислородом. Очень скоро акваланг нашел широкое применение в военно-морских флотах всего мира, при проведении производственных водолажных работ, а также открыл новые возможности для ученых, занимающихся исследованием морей и океанов, и, естественно, положил начало развитию подводных видов спорта и дайвинга.

Однако для того, чтобы человек мог свободно заниматься подводным плаванием, одного акваланга недостаточно. Необходимо пройти специальный курс обучения и получить соответствующий сертификат. К 1959 году Жак-Ив Кусто сталкивается со следующей проблемой: сертификаты, выдаваемые во Франции, не признаются в других странах. Тогда Кусто создает CMAS - первую всемирную организацию дайверов.

В нашей стране до 1992 года существовал ДОСААФ, и это была хорошо продуманная система «скрытой» подготовки кадров для Военно-Морского Флота. Все клубы и секции ДОСААФ имели одинаковое оборудование, пользовались одной терминологией, применяли единые принципы обучения, в основе которых лежали утвержденные правила техники безопасности. При этом само обучение велось практически по военной схеме. Главными были два момента: «доплыви или умри» и «если ты что-то не умеешь или не хочешь, мы тебя научим или заставим». Но поскольку вся система ДОСААФ была построена на государственных деньгах (клубы бесплатно получали оборудование, помещения, не платили за аренду бассейнов), все основывалось на энтузиазме. Здесь оставались лишь те люди, которые могли уделять занятиям подводным плаванием много времени, которые «горели» своим делом, которые могли в буквальном смысле починить «на коленке» любую технику или создать новую конструкцию. Этим людям можно было очень легко переориентировать на военное направление. Они умели и могли абсолютно все. Тогда это направление процветало. К 1992 году в Москве насчитывалось 132 клуба и секции подводного плавания. Было подготовлено несколько миллионов аквалангистов. Но достаточно большое количество людей, которые не смогли пройти сквозь «сито» системы ДОСААФ, до сих пор уверены, что плавание с аквалангом очень сложное, тяжелое и опасное занятие.

С переходом к рыночным отношениям в экономике страны система ДОСААФ автоматически «развалилась». Клубы подводного плавания фактически перестали существовать, так как необходимо стало оплачивать аренду помещения, воду в бассейне, покупать оборудование. К 1994 году в Москве практически не осталось старой системы обучения подводному плаванию. С этого времени люди начали все чаще выезжать на отдых за рубеж, и тогда выяснилось, что наши удостоверения аквалангистов за границей являются недействительными. Это было шоком для многих.

В этот же период в Москве начинают появляться первые дайв-клубы. Слово «аквалангист» при этом специально не используется, чтобы дистанцироваться от старой системы и иметь возможность привлекать к подводному плаванию как можно больше людей.

Следует сказать, что главное отличие дайвинга от водолазного дела состоит в том, что обучаемые и практикующие дайверы готовы платить свои деньги, и их надо учить ПРОСТО, ИНТЕРЕСНО, БЕЗОПАСНО. Прежний опыт тут не только не помогал, а даже мешал. Пришлось отказаться и от старой терминологии, так как оказалось, что она неприемлема в других странах. Выяснилось, что, чем больше дайвер знает «американизмов», тем

проще ему общаться за рубежом. Например, такой термин, к которому мы все привыкли, как «дыхательный автомат», за рубежом называется «регулятор» («regulator») 2-й степени». И если мы приучим наших курсантов к слову «регулятор», то в этом случае их общение с иностранным инструктором значительно упростится. К таким новшествам необходимо привыкать, так как дайвинг сегодня - это один из модных видов активного отдыха. Кроме того, дайвинг — это очень мощная индустрия бизнеса, в котором задействованы сотни тысяч профессионалов, успешно работает множество фирм - производителей оборудования, и очень большое количество людей занято организацией дайв-туризма.

Индустрия дайвинга включает в себя 4 составляющих: обучение дайвингу, организацию самого дайвинга, продажу оборудования и дайв-туризм. Дайв-центр является как раз тем местом, где все эти направления сплетены в единое целое. Любой грамотно организованный дайв-центр производит обучение и сертификацию дайверов через ту или иную международную ассоциацию, в обязательном порядке занимается организацией дайвинга, т.е. обеспечивает обучающимся место дайвинга с предварительной разведкой местности, прокат баллонов, оборудования, устраивает групповые выезды. При этом, как правило, каждый дайв-центр является дилером фирмы, производящей оборудование и снаряжение. Приобретать оборудование непосредственно в дайв-центрах более выгодно, так как, будучи дилером фирмы-производителя, дайв-центр предоставляет значительные скидки, а также более интересно и безопасно, поскольку есть возможность получить все необходимые консультации и опробовать оборудование сразу же на месте.

Почти все российские дайв-центры работают как клубы, и один из видов такой клубной деятельности — дайв-туризм — принимает сегодня все более широкие масштабы. В Хургаде (Египет) в дни российских праздников, когда выпадает несколько выходных подряд, можно встретить представителей по меньшей мере десятка московских клубов. Надо сказать, что такой рост популярности дайвинга говорит о том, что это вполне безопасное занятие, если, конечно, дайвер придерживается тех правил, которые ему преподавали на курсе. По американской статистике, по количеству несчастных случаев на 10 тысяч занимающихся дайвинг находится на 22-м месте (сразу после боулинга).

В последнее время дайвинг переживает настоящий бум. Стремительно растет и количество дайверов в России. Если в конце 1994 г. в Москве было всего лишь 2 дайв-центра и одна фирма, которая занималась поставками оборудования, то сегодня в столице уже около 50 дайв-центров, 6 фирм, поставляющих оборудование для дайвинга, и не менее 8 специализированных магазинов для дайверов. Выпускается 3 журнала о дайвинге, и очень много информации представлено на различных сайтах в Интернете.

Дайвинг, несомненно, будет хорошим вариантом приложения сил для водолазов, после того как их профессиональная карьера закончилась, а интерес к погружениям под воду не прошел. Тем более что для профессионалов не составит большого труда организовать сам процесс дайвинга.

Дайвинг сегодня достаточно хорошо развит лишь в Москве и Санкт-Петербурге. Работают дайв-центры во Владивостоке, Геленджике, Новороссийске, Сочи, но их очень мало. В последнее время у дайверов усилился интерес к поездкам по территории России. Если два года назад предложение поплавать с аквалангом на каком-нибудь подмосковном озере вызывало по меньшей мере улыбку, то сейчас оно воспринимается как нормальное явление.

Для того чтобы поддержать и развить у людей интерес к подводному плаванию, необходимо создавать больше дайв-центров и прежде всего — в регионах. Успешно заниматься этим может только человек, который сам постоянно проживает в этой местности. В России очень богатая природа, есть множество интересных объектов под водой, которые, несомненно, привлекают многих дайверов. Главное — организовать дайв-клуб и правильно построить его работу. Для профессионала не составит очень большой проблемы переоборудовать катер. Он, естественно, знает все об имеющихся в этой местности затонувших кораблях. Ему не сложно разработать маршрут, организовать питание и трансферы. Остается только снабдить дайверов необходимым оборудованием, но, как правило, люди, которые увлекаются подводным плаванием, имеют собственное оборудование, и зачастую им нужно предоставить только баллоны и груза.

По международным канонам сегодня в мире существует 3 основных направления дайвинга. Деятельность этих направлений не пересекается. Каждое имеет свои сертифицирующие агентства, свои терминологию, специальное оборудование, таблицы декомпрессии, правила техники безопасности и, самое главное, навыки. Это следующие направления:

- 1) military diving — спуски под воду в военных целях;
- 2) commercial diving — профессиональная водолазная деятельность;
- 3) recreational diving — собственно дайвинг, что в вольном переводе звучит как «получение удовольствия от плавания с аквалангом», «отдых с аквалангом».

В последнее время из третьего направления стал выделяться технический дайвинг или «текдайвинг». Основные отличия технического дайвинга — это использование «найтрэкс» (иногда их называют «нитрэкс» или «нитрокс»), «deep air» («глубокий воздух»), «рибризер» (или аппараты с замкнутой или полужамкнутой схемой дыхания), «тримикс» (погружение на смесях до глубины 120 м). Но пока техническим дайвингом занимается очень малое число людей — не более 1 % всех дайверов. Занятие техническим дайвингом подразумевает жесточайший контроль и самодисциплину, строгие правила и очень высокий риск. Реально, это хобби для людей, у которых есть потребность «сильно пощекотать себе нервы».

Найтрэкс в понимании дайверов — это кислородно-азотные смеси, получаемые в результате смешения кислорода и воздуха. «Recreational»-дайверы применяют найтрекс, содержащий до 40 % кислорода в смеси и называемый «найтрекс 40», но в большинстве случаев применяется 32- или 36-процентная смесь. В техническом дайвинге используется смесь, содержащая свыше 50 % кислорода.

Рибризеры с замкнутой схемой дыхания применяются в основном военными. В дайвинге они эффективны при занятиях подводной видеосъемкой или при наблюдении за животными, так как не создают шума и пузырей. Но аппараты с замкнутой схемой дыхания требуют очень строгого контроля качества фильтрующих компонентов, зарядки баллонов и очень жесткого соблюдения правил безопасности и погружения.

В последнее время некоторые элементы технического дайвинга, в частности найтрэкс до 40 % и рибризеры, начинают применяться в «recreationab-организациях».

«Deep air» или «глубокий воздух» — ныряние на воздухе на глубины до 60 м и последующая декомпрессия на найтрэксе. Это наиболее рискованный вид ныряния. Но большинство несчастных случаев с дайверами происходит из-за того, что они занимаются «deep air» не подготовленными: не используют специальные процедуры и оборудование, его подготовку, тренировки, специальные таблицы.

Тримикс — это погружение на глубины до 120 м в автономном режиме. Здесь применяется технология с дыханием тремя смесями. До 60—70 м идет скоростное погружение на воздухе. Потом следует переход на кислородно-гелиевые смеси и дальнейшее погружение. Затем — подъем и переход на воздух. После этого — переход на найтрэкс разных составов.

Технический дайвинг здесь подробно не рассматривается, так как это наиболее сложный в моральном, технологическом и экономическом смысле вид дайвинга, и им занимаются наиболее «продвинутые» дайверы.

Дайвинг — это действительно очень хороший бизнес, так как на дайвинг приезжают не только жители России, но и иностранцы. Инструкторы по дайвингу имеют достойную оплату своей работы, и, кроме того, это очень интересный вид деятельности. Но профессионалы должны понимать, что каждое сертифицирующее агентство дайверов, а их в мире более 15: PADI, CMAS, NAUI, BSAC, FAUI, IDEA, Los Angeles County, MDEA, NASDS, PDIC, SSI, SAA, YMCA, IDD, TDI и др. — имеет свой собственный подход к обучению и к подготовке инструкторов. С одной стороны, карточка дайвера — это как бы «права на пользование аквалангом». Но, к сожалению, международной конвенции, которую бы подписали все агентства, не существует, и поэтому каждое агентство действует согласно своим принципам и своим методикам.

Наиболее крупными в мире организациями дайверов являются CMAS и PADI.



CMAS — это первая организация дайверов (создана в 1959 г.), в которую входит более 100 стран. Штаб-квартира CMAS находится в Риме. По своему статусу — это конфедерация, т.е. сообщество равных федераций. Другими словами, каждая федерация на своей территории может устанавливать свои законы и свои правила в рамках общих требований, которые вырабатываются на ежегодных конгрессах. Россия является членом CMAS с 1965 года. В

нашей стране регулярно проводятся курсы инструкторов этой организации. Офис Конфедерации подводной деятельности России, которая представляет CMAS в нашей стране, находится в Москве по адресу: ул. Маросейка, д. 2/15. В Российской конфедерации имеется около 500 инструкторов различного уровня. В CMAS дайверы делятся на 3 уровня — «однойзвездный», «двухзвездный» и «трехзвездный» дайвер.

Дайвер с одной звездой — это дайвер, способный безопасно и правильно пользоваться всем подводным снаряжением на открытой воде и в специальных бассейнах, а также имеющий право участвовать в подводных погружениях на открытой воде на глубины до 20 м в сопровождении инструктора. Минимальный возраст 14 лет.

Дайвер с двумя звездами - это дайвер, имеющий опыт подводных погружений на открытой воде и получивший право принимать участие в подводных погружениях совместно с дайвером того же или более высокого уровня. «Двухзвездный» дайвер не может погружаться с дайвером одной звезды на открытой воде. Минимальное количество дайвов, необходимое для того, чтобы быть принятым на курс «две звезды», — 20. Минимальный возраст - 15 лет.

«Трехзвездный» дайвер - это прошедший полное обучение, опытный и ответственный дайвер, имеющий право руководить подводными погружениями дайверов на открытой воде. Необходимые условия для принятия на курс «три звезды»: минимум 40 дайвов на глубины 10—30 м, из которых не менее 20 - на глубины до 30 м. Минимальный возраст - 16 лет.

Такое же деление и у инструкторов.

«Однойзвездный» инструктор CMAS — это дайвер с тремя звездами, который прошел специальный семинар, где ему было присвоено звание инструктора, умеющий контролировать группы курсантов на открытой воде и руководить ими, имеющий право проводить курсы обучения на воде и в классе. Инструктор первой звезды имеет право преподавать, но не имеет права подписи для сертификации дайвера. Таким правом обладают только «двухзвездные» и «трехзвездные» инструктора. Минимальный возраст — 18 лет.

«Двухзвездный» инструктор CMAS - это инструктор CMAS с одной звездой, дополнительно прошедший специальную программу обучения и утвержденный Конфедерацией подводной деятельности России в этом звании. Он должен уметь контролировать группы курсантов в различных условиях и руководить ими, проводить обучение курсантов на открытой воде, иметь опыт проведения курсов обучения дайверов с одной, двумя и тремя звездами. Минимальный возраст — 19 лет.

«Трехзвездный» инструктор CMAS - это очень опытный инструктор с двумя звездами, дополнительно прошедший специальное обучение и сертифицированный Конфедерацией подводной деятельности России, способный проводить тренировки дайверов всех уровней и инструкторов всех уровней, отвечать за работу школ, дайв-центров, специализированных подготовительных курсов и за проведение других мероприятий.



Система PADI на сегодняшний момент — наиболее мощная система дайверов мира. Организация была основана в 1966 году в США. Сейчас она контролирует более 75 % мирового рынка дайвинга. В организации около 100 тысяч инструкторов и примерно 50 тысяч дайв-центров. Штаб-квартира PADI находится в США (штат Калифорния, город Сайта-Анна). Самое главное отличие этой системы от всех других состоит в том, что она построена на принципах строжайшей централизации и стандартизации. Каждый инструктор обуча-

ет курсантов по специальному учебнику, который называется «Стандарт PADI». В этом учебнике подробно излагается, каким образом, в какой последовательности, с использованием какого оборудования и т.д. следует проводить все курсы. Поэтому инструктор, на каком бы языке он ни говорил, и какой бы национальности ни был, действует точно также, как и все инструкторы PADI во всем мире. За соблюдением этих требований следит специальная служба контроля качества. С появлением нового оборудования и новых методик требуется изменение стандартов. Каждые 3 месяца всем инструкторам рассылаются такие изменения. Инструктора сразу после получения измененных стандартов обязаны применять их на практике. Поэтому каждый инструктор постоянно находится в курсе всех новшеств методологии и обучения.

Как стать дайв-инструктором?

Если Вы хотите стать инструктором CMAS, Вам следует обратиться в Конфедерацию подводной деятельности России. Если же Вы хотите стать инструктором PADI, то Вы должны обратиться к человеку, который имеет звание «курс-директор» и обладает правом подготовки инструкторов. Выбор между этими двумя системами определяется тем, где Вы собираетесь работать. Если только в России, то CMAS более выгоден экономически. Кроме того, эта организация предоставляет своим инструкторам очень широкие полномочия: Вы можете обучать своих студентов так, как Вам это более удобно и как Вы привыкли. Но если Вы собираетесь работать за рубежом или регулярно выезжать куда-то, то предпочтительнее остановить свой выбор на PADI. Здесь надо иметь в виду следующее. PADI - очень «жесткая», централизованная организация. Вы связываете себя строгими правилами, соблюдением стандартов, требований к оборудованию, методике обучения и проведению занятий. Все это абсолютно одинаково во всем мире. Никакой «самостоятельности», все продумано и рассчитано за Вас. Для каждого курса имеется свой учебник, видеофильм, контрольные тесты, и все это не один раз проверено. У PADI нет национальных офисов, и каждый инструктор общается непосредственно со штаб-квартирой. Поэтому инструктору абсолютно все равно, где работать — в Малайзии, в России или в Китае. Штаб-квартира — одна, и требования — одинаковые для всех.

Подготовка инструктора PADI проводится в 2 этапа и включает непосредственно инструкторский семинар, длящийся обычно 8—12 дней

(его проводит курс-директор), и специальный экзамен, который принимает экзаменатор из США. Таким образом, система страхует себя от предвзятого отношения к кандидатам.

PADI - система чисто американская, поэтому ее не волнует уровень Ваших знаний и Ваш практический опыт. Вы должны соответствовать требованиям, которые предъявляет эта организация к своим кандидатам. Два года тому назад в Хургаде автор этих строк видел группу оставших «морских котиков» США, которые вышли на пенсию и захотели стать инструкторами PADI. У них были абсолютно все военные сертификаты, и каждый имел опыт пребывания под водой не менее 3000 часов. Но PADI заявила им, что они занимались «military diving» и к «recreational diving» не имеют никакого отношения. Поэтому даже этой группе людей пришлось в течение одного месяца пройти все курсы PADI, ведь инструктор PADI — это и профессиональный лектор, и профессиональный тренер. Это совершенно другой вид деятельности, чем просто водолазное дело.

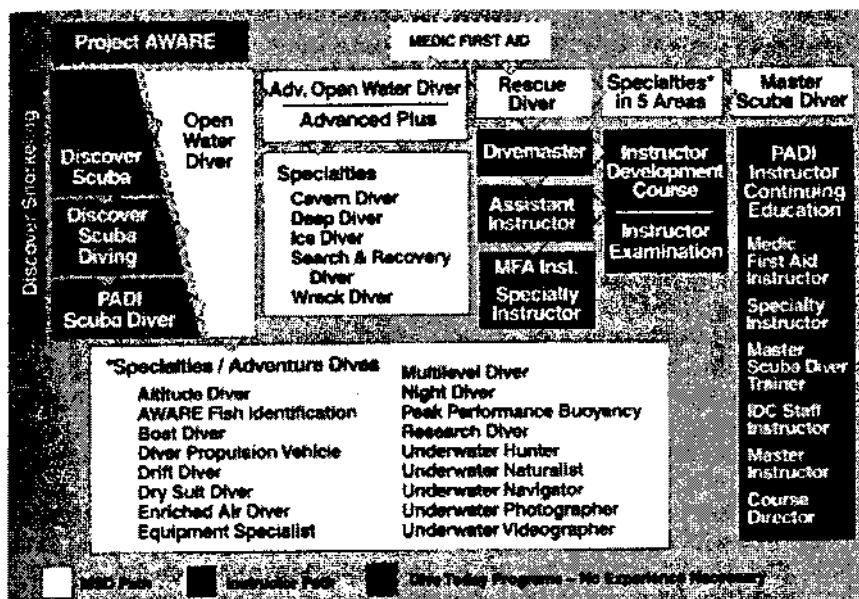
Главное отличие курса подводного плавания, преподававшегося в ДОСААФ, от дайвинга заключается в том, что там нас учили «один раз и навсегда». Курс подводного плавания был очень большой по объему теоретических и практических занятий, но после его прохождения человек знал и умел практически все. В дайвинге же весь огромный объем информации разбит на маленькие «кусочки», и, пройдя очередную ступень, дайвер получает определенные права. Только инструктора являются профессионалами дайвинга, и готовить они могут только «любителей». Каждый вид деятельности в обязательном порядке сертифицируется и лицензируется.

Первый реальный уровень дайвера PADI — «open water diver». Это человек, прошедший обучение, состоящее из 5 теоретических занятий, 5 занятий в бассейне и 4 обязательных погружений в условиях естественных водоемов. Он получает карточку, которая дает ему право на погружение в любой точке мира вместе с напарником, имеющим такую же или более высокую квалификацию, на глубину до 18 м.

На приведенной ниже схеме показаны все курсы PADI в той последовательности, в какой они проходятся: от «discover snorkeling» (пловец с трубкой) до «course director».

В незнакомой акватории дайвер с квалификацией «open water» нырять не имеет права, так как он не знаком со спецификой местного дайвинга, не знает течений, приливов и отливов, особенностей флоры и фауны, а также методов спасения и оказания помощи, практикующихся в этом регионе. Для этого нужно, как минимум, пройти курс ознакомления с локальными условиями, провести который может только местный дайв-мастер или инструктор. На это уйдет не более одного дня.

На первый взгляд кажется, что курс обучения «open water diver» очень непродолжительный: он занимает всего 4—5 дней. Но дайвер должен прослушать лекции или прочитать самостоятельно учебник. В конце каждого раздела он сдает мини-тест из 10 вопросов. В конце прохождения теоретической части он сдает финальный экзамен — 50 вопросов.



В системе PADI нет понятия - отсидел и получил, есть только понятие — делаешь или не делаешь. Инструктор не имеет права идти дальше, если какое-то упражнение или раздел теории не был понят и успешно выполнен. Этим объясняется вполне удовлетворительное качество подготовки.

Второй базовый курс — «advanced open water». Людей, прошедших этот курс, так и называют — «эдванс-дайвер». Это специальный курс развития практических навыков. Длится он не менее 2 дней, включает 5 погружений, из них обязательно одно глубоководное (до 30 м) и одно навигационное. Человек, получивший такую карточку, имеет право погружаться на глубину до 30 м.

В системе PADI существует более 30 видов специализаций. Это различные курсы типа «deep diver» — глубоководное погружение, «ice diver» — подледное плавание, «wreck diver» — плавание внутри затонувших кораблей. Основная задача таких курсов - предоставить человеку возможность выбрать то, что ему наиболее интересно. Если мужчинам, как правило, нравятся «ice» и «wreck», то женщин, а их в дайвинге до 40 %, «ржавые железки» на дне никак не прельщают. Для них есть другие курсы. Все эти курсы длятся, как правило, 1-2 дня, и человек обучается только тому, что ему действительно нравится и что он выбрал сам.

Дайверы делятся на две большие категории.

Первая категория - это люди, которые ориентированы только на себя. Они уверенно и безопасно занимаются дайвингом, получают от этого удовольствие, но они не поднимаются выше «advanced diver».

Вторая категория — это люди, которые являются лидерами. Для них есть специальные программы. Одна из таких дополнительных про-

грамм — «medic first aid» (MFA), т.е. оказание первой медицинской помощи, включая кардиолегочную реанимацию. Этот курс занимает 8 ч в зале, и соответствующий сертификат является действительным в течение 2 лет.

Следующий курс — «rescue diver». Эта программа непосредственно по спасению: как вытащить на поверхность, как поднять на борт лодки, как искать, как оказать помощь с применением кислорода и т.д. Для того чтобы быть зачисленным на курс «дайвер-спасатель», человек должен иметь звание «эдванс», MFA за последние 2 года или его аналог и 20 зарегистрированных дайвов.

«Divemaster» PADI - это первый профессиональный уровень дайвинга. Человек, имеющий это звание, имеет право проводить занятия с сертифицированными дайверами. Для образности можно сказать, что это — «сержант» в армии дайверов. Но дайв-мастер не имеет права обучать. Для того чтобы получить звание дайв-мастера PADI, человек должен иметь звание «rescue», MFA за последние 2 года и 60 зарегистрированных дайвов. Курс длится обычно от 8 до 12 дней.

Инструктор PADI - это профессионал PADI, который имеет право проводить курсы «open water», «advance», «rescue» и «divemaster». Для того, что быть зачисленным на семинар инструкторов PADI IDC (Instructor development course), который, как правило, длится от 10 до 12 дней, кандидат должен иметь звание дайв-мастера PADI или инструктора CMAS первой звезды, не менее 100 зарегистрированных дайвов, MFA за последние 2 года. После окончания семинара IDC сдается специальный экзамен, который принимает экзаменатор из PADI.

При погружениях на открытой воде (в условиях естественных водоемов) дайверы в отличие от профессиональных водолазов используют свои методики. Каждый из них имеет право погружаться только до той глубины, которую разрешает его уровень подготовки. Для «open water» PADI или дайвера CMAS одной звезды — это максимум 18—20 м, для «эдванс» или CMAS «две звезды» — до 30 м. При этом погружение осуществляется только вдвоем. Одиночные спуски категорически запрещены. Страховочный (сигнальный) конец, как правило, не используется (за исключением подледных погружений), поскольку он может стать источником опасности: дайвер может запутаться в нем.

Есть общее правило. Если дайверы разделяются под водой, то они должны искать друг друга в течение 1 мин, после этого — всплывать.

Все дайверовские агентства, за исключением технического дайвинга, практикуют бездекомпрессионный режим погружения. Это означает, что дайвер в любой момент своего погружения может подняться к поверхности, не делая никаких декомпрессионных остановок. Поскольку используется самая современная техника, все дайверы обязаны иметь с собой альтернативный источник воздуха. Как правило, это второй запасной регулятор, который называется «октопус». Кроме того, каждый дайвер обязан иметь манометр и глубиномер. Очень часто применяются дайв-компьютеры — электронные приборы, которые включают в себя также и декомпрессиметры.

Во всем мире существует более 100 фирм — производителей оборудования, и, хотя какие-то общие тенденции имеются и соблюдаются, у каждого дайвера своя конфигурация оборудования, поэтому не существует единых для всех правил рабочей проверки. Каждый дайвер должен проводить проверку самостоятельно. Но проблем с оборудованием, как правило, не бывает, поскольку за его качество отвечает фирма-производитель, и каждый дайвер должен проводить ежегодное техническое обслуживание оборудования в сервисном центре фирмы-изготовителя, поэтому случаи отказа оборудования крайне редки.

Как правило, дайверы выезжают командами, и организацию дайвинга принимает на себя местный дайв-центр. Поскольку только люди, которые регулярно погружаются в какой-либо конкретной местности, могут знать ее особенности, течения, приливы и отливы, местную фауну, а также наиболее интересные места, дайверу, который приехал «понырять», например, на Черное море, не нужно узнавать все это. Ему следует просто пойти в дайв-центр, заплатить деньги, и он получит полную информацию по интересующим вопросам.

Я призываю профессионалов водолазного дела обратить внимание на совершенно новый для них вид деятельности и заняться развитием дайвинга в России. Я думаю, что стать инструктором по дайвингу для профессионального водолаза не составит большого труда и не займет много времени. Но в том, что этот вид деятельности доставит Вам не только моральное, но и материальное удовлетворение, можно не сомневаться.

ТИПОВЫЕ РАСЧЕТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ МЕДИЦИНСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ

При медицинском обеспечении водолазных спусков часто приходится выполнять различные расчеты, связанные с характеристиками газов и жидкостей, газовыми законами, гидростатическим давлением и др.

1. Основные физические характеристики и величины, применяемые при расчетах

/./ Атмосферное давление и единицы измерения давления

Механическое давление измеряется силой, действующей перпендикулярно на единицу поверхности тела:

$$P = F:S, \quad (1)$$

где P — давление, кгс/см²; F — сила, кгс; S — площадь, см².

Согласно закону Паскаля внешнее давление на жидкость или газ передается во все стороны равномерно. Столб жидкости или газа создает давление, обусловленное весом этого столба.

В системе СИ за единицу величины давления принят паскаль (Па), представляющий собой давление, создаваемое силой 1 ньютон (1 Н) на площадь 1 м² (1 Н — это такая сила, которая придает телу массой 1 кг ускорение 1 м/с² в направлении действия силы). Поскольку паскаль является малой величиной, для измерения давления чаще пользуются кратными единицами — килопаскаль (кПа = 10³ Па) и мегапаскаль (МПа = 10⁶ Па).

В водолазной практике пока обычно используются единица силы «кгс» и единица давления «кгс/см²», кратные метрам водяного столба (м вод.ст.), что удобно для пользования режимами декомпрессии, предназначенными для применения как в водной среде (величина давления выражается глубиной нахождения в метрах), так и в газовой среде барокамеры (давление измеряется по манометрам, имеющим шкалу в кгс/см² или в м вод.ст.). В отдельных случаях (в основном для оценки физиологических характеристик систем дыхания и кровообращения в нормобарических и гипербарических условиях) применяется внесистемная единица «миллиметры ртутного столба» (мм рт.ст., торр). За рубежом нередко применяют единицу «бар», равную $1 \cdot 10^5$ Па = 0,1 МПа «1 кгс/см²». В англоязычных странах используется также внесистемная единица фунт на квадратный дюйм (Psi) = 6895 Па. В практике водолазного дела обычно применяются приближенные расчеты и условно принимается, что кгс/см² кратна паскалю:

$$1 \text{ кгс} = 9,80665 \text{ Н} \approx 10 \text{ Н};$$

$$1 \text{ кгс/см}^2 = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ Па} \approx 100 \text{ кПа} \approx 0,1 \text{ МПа};$$

$$1 \text{ Па} = 1,019716 \cdot 10^{-5} \text{ кгс/см}^2 \approx 1,02 \cdot 10^{-4} \text{ м вод.ст.};$$

$$1 \text{ мм рт.ст. (торр)} = 133,322 \text{ Па} \approx 0,13 \text{ кПа}.$$

Масса воздуха, составляющая атмосферу Земли, оказывает давление, называемое атмосферным. На широте 45° на уровне моря имеется нормальное барометрическое давление воздуха, что составляет 1 физическую атмосферу (атм), которая равна 760 мм рт.ст., 1,033 кгс/см² или 10,33 м вод.ст.

В технике и в водолазной практике за единицу давления принимается техническая атмосфера (ат), под которой понимается давление, оказываемое силой 1 кгс на 1 см² поверхности. Одна техническая атмосфера равна давлению 10,0 м вод.ст. = 735,6 мм рт.ст. Соотношение между различными единицами давления приведены в табл. 1.

Таблица 1. Соотношение между различными единицами давления

Единицы	Па	кгс/см ² , ат	атм	мм рт.ст.	м вод.ст.
паскаль (Па)	1	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$0,99 \cdot 10^{-5}$	$750,1 \cdot 10^{-5}$	$1,02 \cdot 10^{-4}$
атмосф. технич. (кгс/см ² , ат)	$0,98 \cdot 10^5$	1	0,97	735,6	10,0
атмосф. физич. (атм)	$1,01 \cdot 10^5$	1,03	1	760,0	10,3
торр (мм рт. ст.)	$1,33 \cdot 10^2$	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$1,32 \cdot 10^{-3}$	1	$1,36 \cdot 10^{-2}$
м вод. ст.	$0,98 \cdot 10^4$	0,1	0,097	73,56	1

С переходом на систему СИ участилось, в том числе в медицинской и водолазной практике, употребление множителей и приставок для десятичных кратных и дольных (положительных и отрицательных) единиц и их наименований, которые приведены для справки в табл. 2.

1.2. Гидростатическое давление

Гидростатическое давление жидкости везде перпендикулярно к поверхности, на которую оно действует, и возрастает с глубиной, но остается постоянным в любой точке на горизонтальной площади. Если поверхность жидкости не испытывает внешнего давления (например, давления воздуха) или если его не учитывать, это давление внутри жидкости, называемое избыточным давлением, составляет:

$$P = \gamma \frac{H}{10}, \quad (2)$$

где P — давление жидкости, кгс/см²; γ — удельный вес жидкости, кгс/см³, кгс/л (в пресной воде $\gamma = 1$ кгс/л); H — глубина воды, м.

В системе СИ давление жидкостей и газов измеряется в паскалях (Па), удельный вес выражается в ньютонах на кубический метр (Н/м³), а также в кратных им единицах, что для водолазной практики представляет неудобство из-за отсутствия точного соответствия этих единиц метрам водяного столба, а также из-за отсутствия контрольно-измерительной техники, отградуированной в системе СИ.

В практических расчетах для водолазных спусков в морских условиях поправка на повышенную плотность морской воды по сравнению с

Таблица 2. Множители и приставки для десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Множитель, на который умножается единица	Приставка	Обозначение	
		русское	международное
10^{18}	экса	Э	E
10^{15}	пета	П	P
10^{12}	тера	Т	T
10^9	гига	Г	G
10^6	мега	М	M
10^3	кило	к	k
10^2	(гекто)	г	h
10^1	(дека)	да	da
10^{-1}	(деци)	д	d
10^{-2}	(санти)	с	c
10^{-3}	мили	м	m
10^{-6}	микро	мк	μ
10^{-9}	нано	н	n
10^{-12}	пико	п	p
10^{-15}	фемто	ф	f
10^{-18}	атто	а	a

Примечание. В скобках указаны приставки, которые допускаются к применению только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (например, декалитр, дециметр, сантиметр и др.).

пресной не вводится и условно считается, что $\gamma = 1$ кгс/л, а, к примеру, на глубине 60 м избыточное давление составляет 6,0 кгс/см². Режимы декомпрессии проверены в морских условиях.

1.3. Абсолютное давление

Тело водолаза, находящегося в воде, испытывает не только атмосферное давление от столба воздуха, но также избыточное давление массы столба воды. Суммарное давление (атмосферное + избыточное) называется абсолютным давлением. Оно определяется по формуле:

$$P_{\text{абс}} = \frac{B}{735,6} + \gamma \frac{H}{10}, \quad (3)$$

ше $P_{\text{абс}}$ — абсолютное давление, кгс/см²; Б — барометрическое давление (давление воздуха на уровне моря), мм рт.ст.; 735,6 — атмосферное давление, соответствующее давлению 10 м вод.ст., выраженное в мм рт.ст.; γ — удельный вес (плотность) жидкости, кгс/см³, кгс/л (в пресной воде $\gamma = 1$ кгс/л); Н — глубина воды, м.

Пример. Найти абсолютное давление на глубине 60 м, если барометрическое давление равно 765 мм рт.ст., а удельный вес морской воды составляет 1,024 кгс/л.

$$P_{\text{абс}} = \frac{Б}{735,6} + \gamma \frac{Н}{10} = \frac{765}{735,6} + 1,024 \frac{60}{10} = 1,040 + 6,144 \approx 7,18 \text{ кгс/см}^2.$$

Абсолютное давление используется для расчетов парциального давления газов, оценки биологического действия газовых смесей, газовой и водной сред, расчетов запасов газов и газовых смесей, вентиляции барокамер и др. Режимы декомпрессии и лечебной рекомпрессии выбираются не по абсолютному, а по избыточному давлению.

Для упрощения расчетов атмосферное давление считают постоянным и принимают равным 1 кгс/см². Абсолютное давление в данном случае выражается формулой:

$$P_{\text{абс}} = 1 + 0,1 \cdot Н, \quad (4)$$

где Н — глубина воды, м.

Так, например, в вышеприведенном примере на глубине 60 м абсолютное давление составляет: $P_{\text{абс}} = 1 + 0,1 \cdot 60 = 7 \text{ кгс/см}^2$. При спусках в высокогорных условиях учитывается величина барометрического давления (Б), а при спусках в жидкости с высокой плотностью глубина спуска определяется с учетом удельного веса жидкости (γ).

Избыточное давление может создаваться действием не только столба воды, но и повышенного давления воздуха или иной газовой среды в барокамере. В этом случае при давлении в барокамере по манометру 2 кгс/см², что является избыточным давлением, абсолютное давление составит 3 кгс/см².

1.4. Парциальное давление

Газы, входящие в состав воздуха или другой газовой смеси, производят давление независимо друг от друга:

$$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n, \quad (5)$$

где p_1, p_2, \dots, p_n — давление каждого газа в отдельности.

Такое давление отдельного газа называется парциальным давлением. Парциальное давление газа определяется из выражения Дальтона:

$$p_r = \frac{P_{\text{см}} \cdot C}{100}, \quad (6)$$

где p_r - парциальное давление газа в смеси, кгс/см²; $P_{см}$ — абсолютное давление газовой смеси, кгс/см²; C - объемное содержание газа в смеси, %. В водолазной практике удельное давление водяных паров, как правило, не учитывается.

Пример. Определить парциальное давление газов, входящих в состав воздуха, подаваемого в скафандр водолаза на глубине 40 м, если анализ показал содержание кислорода 20,8 %, а углекислого газа 0,04 %. Определяем процентное содержание азота в воздухе (при этом для расчетов в содержание азота включается также содержание аргона и других инертных газов): $C_{N_2} = 100 - 20,8 - 0,04 = 79,2$ %.

Парциальное давление газов на поверхности составит:

$$p_{N_2} = \frac{1 \cdot 79,2}{100} = 0,792 \approx 0,79 \text{ кгс/см}^2,$$

$$p_{O_2} = \frac{1 \cdot 20,8}{100} = 0,208 \approx 0,21 \text{ кгс/см}^2,$$

$$p_{CO_2} = \frac{1 \cdot 0,04}{100} = 0,0004 \text{ кгс/см}^2.$$

Итого $P_{см} = 0,792 + 0,208 + 0,0004 = 1 \text{ кгс/см}^2$.

Парциальное давление газов на глубине 40 м составит:

$$p_{N_2} = \frac{5 \cdot 79,2}{100} = 3,96 = 4,0 \text{ кгс/см}^2,$$

$$p_{O_2} = \frac{5 \cdot 20,8}{100} = 1,04 = 1,0 \text{ кгс/см}^2,$$

$$p_{CO_2} = \frac{5 \cdot 0,04}{100} = 0,002 \text{ кгс/см}^2.$$

Итого $P_{см} = 3,96 + 1,04 + 0,0002 = 5 \text{ кгс/см}^2$.

Следует, однако, отметить, что из-за перемешивания поступающего и выдыхаемого воздуха в газовом объеме скафандра содержание углекислого газа будет несколько выше, а кислорода — несколько ниже расчетных величин, конкретные величины которых зависят от вентиляции скафандра.

Общее давление газовой смеси всегда равно сумме парциальных давлений всех газов, входящих в газовую смесь.

Формула (6) справедлива для любых единиц измерения давления. Исходя из этой формулы, можно рассчитать также объемное или массовое содержание газов, приведенное к условиям нормального давления, т.е. характеризующее физиологическое действие газа при повышенном давлении, соответствующее его действию при нормальном давлении. В этом случае приведенное значение содержания газа (в %, мг/м³ или в других единицах):

$$C_{\text{пр}} = C \cdot P_{\text{см}}, \quad (7)$$

где $C_{\text{пр}}$ — процентное или массовое содержание газа в смеси, приведенное к условиям нормального давления (% , мг/л, мг/м³ или др.); C — содержание газа в смеси (% , мг/л, мг/м³ или др.); $P_{\text{см}}$ — абсолютное давление газовой смеси (кгс/см²).

Пример. 1. В анализе редуцированного воздуха из барокамеры содержится 0,2 % CO₂. Давление в барокамере — 3 кгс/см² (30 м вод.ст.). Каким является содержание CO₂, приведенное к условиям нормального давления?

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 4 = 0,8\%.$$

Пример. 2. В анализе воздуха из барокамеры, сделанном вне барокамеры, содержится 10 мг/м³ CO. Давление в барокамере 3 кгс/см² (30 м вод.ст.). Каким будет содержание CO, приведенное к условиям нормального давления?

$$C_{\text{пр}} = 10 \cdot 4 = 40 \text{ мг/м}^3.$$

Данные расчеты имеют большое значение, поскольку биологическое действие газов в условиях повышенного давления определяется именно их парциальным давлением или приведенным к условиям нормального давления содержанием в гипербарической газовой среде.

1.5. Плотность газов

Газы в отличие от жидкостей характеризуются малой плотностью. Нормальной плотностью газа называется масса одного его литра при 0 °С и давлении 1 кгс/см². Масса одной молекулы любого газа пропорциональна его плотности.

Плотность газа γ изменяется пропорционально давлению и измеряется отношением массы газа m к занимаемому им объему V :

$$\gamma = \frac{m}{V}, \quad (8)$$

Для практических целей различные газы удобно характеризовать по их плотности относительно воздуха при одинаковых условиях давления и температуры. Поскольку молекулы разных газов имеют различную массу, их плотности при одинаковом давлении пропорциональны молярным массам.

Основные параметры газов приведены в табл. 3.

Таблица 3. Плотность газов и отношение их плотности к плотности воздуха

Газ	Химический символ	Молярная масса M , г/моль	Плотность ρ , кг/м ³	Плотность по отношению к воздуху
Азот	N_2	28,016	1,251	0,967
Аммиак	NH_3	17,032	0,711	0,597
Аргон	Ar	39,944	1,784	1,380
Водород	H_2	2,016	0,090	0,070
Воздух	—	28,98	1,293	1,000
Гелий	He	4,003	0,178	0,138
Кислород	O_2	32,00	1,429	1,105
Криптон	Kr	83,7	3,739	2,868
Неон	Ne	20,183	0,900	0,696
Оксид углерода	CO	28,010	1,250	0,967
Углекислый газ	CO_2	44,010	1,977	1,529

1.6. Теплоемкость газов

Температура является мерой средней кинетической энергии хаотического движения молекул в макроскопических телах.

Теплоемкость любого вещества определяется количеством тепла, потребным для нагревания массовой единицы этого вещества (например, 1 кг) на 1 °C (или на 1 K). Этот коэффициент называется удельной теплоемкостью. Теплоемкость тела, рассчитанная на моль вещества, называется молярной теплоемкостью.

У газов различают теплоемкость при постоянном давлении (C_p), когда при нагревании увеличивается объем данного количества газа, и теплоемкость при постоянном объеме (C_v), когда возрастает давление газа. Теплоемкость данного газа при постоянном давлении больше, чем его теплоемкость при постоянном объеме: $C_p > C_v$. Это зависит от того, что всякий газ, расширяясь, совершает определенную работу. На это и уходит часть энергии в виде тепла.

Молярная теплоемкость при постоянном объеме для одноатомных (инертных) газов (гелия, неона, аргона и др.) равна 3 кал ($C_v = 3$ кал/град). Это значит, что для нагревания 1 моля одноатомного газа на 1 °C нужно затратить при постоянном объеме 3 калории. Теплоемкость одноатомных газов при постоянном давлении равна 5 кал ($C_p = 5$ кал/град), т.е. для нагревания 1 моля одноатомного газа на 1 °C нужно затратить при постоянном давлении 5 калорий.

Для двухатомных газов (водород, кислород, азот и др.) теплоемкость при постоянном объеме $C_v = 5$ кал/град, а при постоянном давлении $C_p = 7$ кал/град. Из этого следует различная удельная теплоемкость разных газов.

Значения удельных теплоемкостей представлены в табл. 4.

Таблица 4. Удельные теплоемкости газов

Газ	Удельная молярная теплоемкость C_m при 0°C , ккал·моль ⁻¹ ·град ⁻¹	Удельная теплоемкость при постоянном давлении C_p , ккал·кг ⁻¹ ·град ⁻¹	Удельная теплоемкость при постоянном объеме C_v , ккал·кг ⁻¹ ·град ⁻¹	Отношение C_p/C_v при температуре 15°C , k
Азот	4,95	0,251	0,179	1,4
Аргон	2,98	0,125	0,075	1,67
Водород	4,84	3,41	2,4	1,4090
Воздух	6,94	0,243	0,17	1,403
Гелий	3,01	1,25	0,75	1,67
Кислород	4,98	0,22	0,157	0,401
Углекислый газ	6,72	0,245	0,188	1,3
Оксид углерода	4,95	0,24	0,171	1,400

В системе СИ теплоемкость измеряется в джоулях на кельвин (Дж/К), а удельная теплоемкость - в джоулях, деленных на килограмм, умноженный на кельвин: Дж/Дкг · К). Джоуль равен работе силы 1 Н, перемещающей тело на расстояние 1 м в направлении действия силы. 1 кал = 4,1868 Дж. Отношение Дж/К равно теплоемкости системы, температура которой повышается на 1 К при подведении к системе количества теплоты, равной 1 Дж. Старая единица удельной теплоемкости переводится в систему СИ следующим образом: 1 кал/(г · °C) = 4,1868 Дж/Дкг · К). Перевод молярной теплоемкости в систему СИ: 1 кал/(моль · °C) = 4,1868 Дж/Дмоль · К).

1.7. Теплопроводность газов

Теплопроводность — это молекулярный перенос теплоты в сплошной среде, обусловленный наличием градиента температуры. Иначе говоря, это перенос энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым в результате теплового движения и взаимодействия частиц. В соответствии с законом Фурье количество переносимой энергии, определяемое как плотность теплового потока, обычно пропорционально градиенту температуры.

Теплопроводность газов (способность проводить тепло) характеризуется коэффициентом теплопроводности λ , ккал · м⁻¹ · ч · град, или ккал · см⁻¹ · с · град. Значения коэффициента теплопроводности для разных газов представлены в табл. 5.

В системе СИ теплопроводность измеряется в ваттах на метр-кельвин. 1 Вт/(м · К) равен теплопроводности вещества, в котором при стационарном режиме с поверхностной плотностью теплового потока 1 Вт/м² устанавливается температурный градиент 1 К/м. 1 килокалория на метр-час-градус = 1,1630 Вт/(м · К). 1 килокалория на сантиметр-секунду-градус = 4,1868 Вт/(м · К).

Таблица 5. Значения коэффициента теплопроводности λ , при нормальном атмосферном давлении

Газ	$\lambda \cdot 10^3$ при 0 °С, ккал·см ⁻¹ ·с·град	$\lambda \cdot 10^4$, ккал·м ⁻¹ ·ч·град	
		при 0 °С	при 100 °С
Воздух	5,80	206	277,5
Гелий	33,6	1065	1465
Азот	5,68	209	264
Аргон	4,0	139	180
Водород	40,0	1500	1860
Кислород	5,8	212	283
Углекислый газ	3,38	119,1	186,5
Окись углерода	5,37	198	—
Аммиак	5,13	190	275

По сравнению с жидкостями газы имеют не только малую теплоемкость, но и малую теплопроводность, поэтому они являются хорошими теплоизоляторами.

Количество тепла, перенесенное путем теплопроводности, зависит от температуры, площади, через которую происходит передача, и времени. Теплопроводность газов возрастает с температурой, но она не зависит ни от давления, ни от плотности газа. В то же время повышение давления вызывает некоторое увеличение скорости переноса тепла путем конвекции (перемешивания газа), что имеет важное значение для водолазной практики. Теплопроводности различных газов сильно различаются между собой. Например, если условно принять коэффициент теплопроводности воздуха за единицу, то коэффициент теплопроводности гелия будет в 6,18 раза больше теплопроводности воздуха.

Высокая по сравнению с воздухом теплопроводность гелия заставляет применять специальные средства обогрева водолазов, выполняющих спуски с использованием для дыхания кислородно-гелиевых или кислородно-азотно-гелиевых смесей.

1.8. Растворимость газов в жидкостях

Основные физико-химические закономерности растворимости газов в жидкостях впервые были изучены И.М.Сеченовым.

Известно, что всякий газ, приведенный в соприкосновение с жидкостью, будет в ней растворяться. По закону Генри растворимость в жидкостях прямо пропорциональна при данной температуре давлению (при отсутствии химического взаимодействия). Если в жидкости (воде, крови и т.д.) растворяется одновременно несколько газов, то растворение каждого из них происходит независимо друг от друга пропорционально величине его парциального давления в данной газовой среде.

Следовательно, растворение газа в жидкости зависит от величины дав-

Ления газа над жидкостью. Оно будет происходить до тех пор, пока давление газа в жидкости не станет равным его давлению над жидкостью.

Кроме того, количество растворенного в жидкости газа и коэффициент растворимости зависят от химической природы газа и его температуры. Коэффициентом растворимости называется количество газа (см^3), измеренного при 0°C и 760 мм рт.ст., которое может раствориться в 1 см^3 (1 мл) жидкости при данной температуре. Так, например, в 1 см^3 воды при давлении кислорода в 1 кгс/см^2 и температуре 40°C растворяется $0,0231\text{ см}^3$ кислорода. Поскольку в атмосферном воздухе содержится около 21 % кислорода (парциальное давление 159 мм рт.ст.), количество кислорода, растворенного в 1 см^3 воды, в этих условиях составит:

$$\frac{21 \cdot 0,0231}{100} = 0,00485\text{ см}^3 \text{ в } 1\text{ см}^3 \text{ воды.}$$

Растворимость газов зависит также от вида растворителя. Так, например, установлено, что один и тот же газ по-разному растворяется в воде и в масле. Отношение количества газа, растворенного в масле, по отношению к его количеству, растворенному в воде, называется коэффициентом распределения, жиро-водным коэффициентом или по фамилиям авторов установления этой закономерности - овертон-мейеровским коэффициентом. Значение коэффициентов растворимости различных газов и коэффициентов распределения позволяет ориентировочно узнать, как тот или иной газ может раствориться в различных тканях организма человека, находящегося в условиях повышенного давления газовой среды.

Значения этих коэффициентов приведены в табл. 6.

Сравнивая коэффициенты растворимости гелия, азота и аргона, можно видеть, что гелия должно растворяться в жидких средах меньше, чем азота. Кроме того, гелий в меньшем количестве по сравнению с азотом переходит из крови в ткани вследствие меньшего коэффициента распределения. Аргон растворяется в жидкостях вдвое больше азота, еще больше различие их растворимости в отношении жировой ткани.

Коэффициенты растворимости газов в крови и других жидкостях представлены в табл. 7.

Из таблицы следует, что в каждом литре крови при температуре 38°C и давлении 1 кгс/см^2 может раствориться 23 см^3 кислорода, 470 см^3 углекислого газа, $14,9\text{ см}^3$ водорода и 13 см^3 азота.

С увеличением температуры растворимость газов уменьшается, о чем свидетельствуют данные табл. 8.

Объем растворенного в организме газа будет одинаков независимо от того, дышит человек воздухом под давлением 1 или 3 кгс/см^2 . Масовое же количество газа будет увеличиваться пропорционально величине давления. Например, ткани, насыщенные азотом в обычных условиях соответственно его парциальному давлению в атмосферном воздухе, содержат $0,0146\text{ см}^3$ азота на 1 г ткани (см. насыщение клеток в табл. 7). При погружении водолаза на глубину 20 м он будет дышать

Таблица 6. Коэффициенты растворимости и распределения газов

Газ	Коэффициент растворимости (см ³ /см ³) при давлении 1 кгс/см ² и температуре 37 °С		Коэффициент распределения
	в жирах	в воде	
Кислород	0,120	0,029	4,1
Углекислый газ	1,28	0,57	2,2
Водород	0,040	0,013	3,1
Гелий	0,015	0,09	1,17
Неон	0,019	0,09	2,1
Азот	0,061	0,013	5,1
Аргон	0,140	0,026	5,3
Криптон	0,43	0,045	9,6
Ксенон	1,7	0,085	20,0

Таблица 7. Коэффициенты растворимости газов в различных жидкостях при температуре 38 °С

Раствор	Коэффициенты растворимости			
	кислорода	углекислого газа	водорода	азота
Вода	0,02323	0,545	0,01620	0,01272
Плазма крови	0,0209	0,510	0,0153	0,0117
Клетки	0,0261	0,440	0,0145	0,0146
Цельная кровь	0,0230	0,470	0,0149	0,0130

Таблица 8. Зависимость коэффициента растворимости газов в воде от температуры

Температура, °С	Коэффициенты растворимости в воде		
	кислорода	углекислого газа	азота
0	0,0489	0,0239	1,713
10	0,0380	0,0196	1,194
20	0,0310	0,0164	0,878
30	0,0262	0,0138	0,665
40	0,0231	0,0118	0,530

воздухом под давлением 3 кгс/см². Тогда объем газа, растворенный в организме, сразу уменьшается на 1/3, т.е. до 0,005 см³ на 1 г. Этот дефицит газа будет пополняться из крови, а в крови - из легких. Такой переход газа будет продолжаться до тех пор, пока не будет достигнут начальный объем насыщения, т.е. 0,0146 см³. В этот момент окажется, что

общая масса растворенного азота (или его объем, приведенный к нормальному давлению) будет в 3 раза больше, чем при дыхании в условиях нормального давления. Для такого относительно полного насыщения газом требуется 5-6 ч, хотя процесс насыщения, экспоненциально замедляясь, продолжается еще 1—3 сут. При растворении газа в жидкости объем ее незначительно увеличивается. При растворении одного объема кислорода или водорода под давлением 1 кгс/см² объем воды увеличится на 0,001 часть своего первоначального объема. При растворении одного объема азота объем воды увеличится на 0,0015, а углекислого газа - на 0,0013 первоначального объема.

При уменьшении давления или повышении температуры газ, растворенный в жидкости и тканях, будет снова выделяться из нее.

1.9. Поддерживающая сила

В водолазной практике часто приходится встречаться с расчетами определения веса тел, погруженных в жидкость. Поддерживающая сила Жидкости возникает при полном или частичном погружении твердого тела в жидкость. В соответствии с законом Архимеда на всякое тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вверх и равная весу вытесненной им жидкости. С этим законом связаны Принятые в водолажном деле понятия плавучести и остойчивости. Закон Архимеда справедлив также для газов. Поддерживающая сила (сила плавучести) может быть определена по следующей зависимости:

$$D = \gamma V_T, \quad (9)$$

где D - поддерживающая сила, кгс; γ - удельный вес жидкости, кгс/л; V_T — объем погруженной в жидкость части тела, л.

Для плавающего тела

$$D = G, \quad (10)$$

где G — вес тела в воздушной среде, кгс.

••• Вес тела, полностью погруженного в жидкость, определяется из соотношения:

$$G_n = \frac{\gamma_T - \gamma}{\gamma_T} G, \quad (11)$$

где G_n - вес тела, погруженного в жидкость, кгс; γ_T - удельный вес тела, кгс/л.

Пример. Водолаз может поднять на поверхности груз весом 60 кгс. Определить, какого веса камень может поднять водолаз под водой, затрачивая то же усилие, если удельный вес камня равен 2,7 кгс/л.

В соответствии с формулой (11) водолаз может поднять под водой камень, который весит в воздушной среде:

$$G = G_1 \cdot \gamma_T : (\gamma_T - \gamma) = 60 \cdot 2,7 : (2,7 - 1) \approx 95 \text{ кгс.}$$

2. Основные газовые законы

Характерным для газов является то, что они не имеют своего объема и формы, а принимают форму и занимают объем того сосуда, в который их помещают. Газы равномерно наполняют объем сосуда, стремясь расшириться и занять возможно больший объем. Все газы обладают большой сжимаемостью.

Молекулы реальных газов обладают объемом и имеют силы взаимного притяжения, хотя эти величины весьма незначительны. В расчетах по реальным газам обычно используют газовые законы для идеальных газов. Идеальные газы — это условные газы, молекулы которых не имеют объема и не взаимодействуют друг с другом из-за отсутствия сил притяжения, а при столкновениях между ними не действуют никакие другие силы, кроме сил упругого удара. Эти газы строго следуют законам Бойля — Мариотта, Гей-Люссака и др.

Чем выше температура и меньше давление, тем поведение реальных газов ближе соответствует идеальным газам. При малых давлениях все газы можно рассматривать как идеальные. При давлениях около 100 кгс/см² отклонения реальных газов от законов идеальных газов не превышают 5 %. Поскольку отклонения реальных газов от законов, выведенных для идеальных газов, обычно ничтожны, законами для идеальных газов можно свободно пользоваться для решения многих практических задач.

2.1. Закон Бойля — Мариотта

Измерения объема газа под влиянием внешнего давления показали, что между объемом V и давлением P имеется простая связь, выражающаяся законом Бойля - Мариотта: давление данной массы (или количества) газа при постоянной температуре обратно пропорционально объему газа:

$$P_1 : P_2 = V_1 : V_2, \quad (12)$$

где P_1 — давление газа при объеме V_1 ; P_2 — давление газа при объеме V_2

Отсюда следует, что:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \text{ или } P \cdot V = \text{const (при } t = \text{const}). \quad (13)$$

Этот постулат формулируется так: произведение давления данной массы газа на его объем постоянно, если температура не меняется (т.е. при изотермическом процессе).

Если, например, взять 8 л газа под давлением $P = 0,5$ кгс/см² и менять давление при неизменной постоянной температуре, то будут получены следующие данные: при 1 кгс/см² газ займет объем 4 л, при 2 кгс/см² - 2 л, при 4 кгс/см² — 1 л и при 8 кгс/см² — 0,5 л.

Таким образом, при постоянной температуре всякое повышение давления приводит к уменьшению объема газа, а уменьшение объема газа - к повышению давления.

Зависимость (12) между объемом газа и давлением при неизменной температуре широко применяется для различных расчетов в водолазной практике.

2.2. Законы Гей-Люссака и Шарля

Закон Гей-Люссака выражает зависимость объема и давления газа от температуры: при постоянном давлении объем данной массы газа прямо пропорционален его абсолютной температуре:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \quad (14)$$

где T_1 и T_2 — температура в Кельвинах (К), которая равна температуре в °C + 273,15; т.е. 0 °C = 273 К; 100 °C = 373 К, а 0 К = -273,15 °C.

Следовательно, всякое повышение температуры приводит к увеличению объема, или, иными словами, изменение объема данной массы газа V прямо пропорционально изменению температуры t газа при постоянном давлении (т.е. при изобарическом процессе). Это положение выражается формулой:

$$V_t = V_0 (1 + \alpha t), \quad (15)$$

где V_t — объем газа при данной температуре; V_0 — исходный объем газа при 0 °C; α — коэффициент объемного расширения газа.

При нагревании различных газов на одинаковое число градусов относительное приращение объема одинаково для всех газов. Коэффициент α является постоянной для всех газов величиной приращения объема, равной $1/273$ или $0,00367$ °C⁻¹. Этот коэффициент объемного расширения газов показывает, на какую часть объема, занимаемого при 0 °C, возрастает объем газа, если его нагреть на 1 °C при постоянном давлении.

Соотношение между давлением и температурой подчиняется той же закономерности, а именно: изменение давления данной массы газа прямо пропорционально температуре при неизменном объеме (т.е. при изохорном процессе: от греческих слов «изос» — равный и «хорема» — вместимость), что выражается формулой:

$$P_t = P_0 (1 + \alpha t), \quad (16)$$

где P_t — давление газа при данной температуре; P_0 — исходное давление газа при 0 °C; α — коэффициент объемного расширения газа.

Эта зависимость была установлена Ж.Шарлем за 25 лет до публикации Ж.Л.Гей-Люссака и нередко называется законом Шарля. Зависимость объема от температуры при постоянном давлении (формула 15) также была впервые установлена Шарлем.

При понижении температуры газа его давление убывает, а при температуре -273,15 °C давление любого газа равно нулю. Эта температура называется абсолютным нулем температуры. При этом прекращается хаотическое тепловое движение молекул и количество тепловой энергии становится равным нулю.

2.3. Уравнение состояния идеального газа

Если зависимость между объемом, давлением и температурой связать воедино и выразить одним уравнением, то получается уравнение состояния идеального газа, которое объединяет законы Бойля - Мариотта и Гей-Люссака. Это уравнение впервые было выведено Б.П.Клайпероном путем преобразований уравнений, предложенных его предшественниками. Уравнение Клайперона состоит в том, что произведение давления газа данной массы на объем, деленное на абсолютную температуру, есть величина постоянная, не зависящая от состояния, в котором находится газ. Одна из форм написания этого уравнения:

$$\frac{P \cdot V}{T} = \text{const.} \quad (17)$$

Для массы газа в 1 кг это уравнение будет иметь вид:

$$P \cdot V = rT. \quad (18)$$

В этом случае газовая постоянная r будет зависеть от природы газа. Д.И.Менделеев показал, что если массой газа является моль (грамм-молекула), то газовая постоянная R является универсальной и не зависит от природы газа. Для массы газа, равной 1 молю, уравнение примет следующий вид:

$$P \cdot V_0 = RT. \quad (19)$$

Для 1 моля любого газа значение R будет одно и то же, в связи с чем R называют универсальной газовой постоянной. Численное значение R определяется из условия, что при температуре 0°C (или 273 K) и давлении 760 мм рт.ст. (или 101 325 Па) объем моля $V_0 = 22,4$ л/моль (или $0,0224 \text{ м}^3/\text{моль}$). Из этого следует:

$$R = \frac{P \cdot V}{T} = \frac{1 \cdot 22,4}{273} = 0,082 \frac{\text{л} \cdot \text{атм}}{\text{градус} \cdot \text{моль}} = \frac{101325 \cdot 0,0224}{273} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

Точное значение R составляет $8,314510 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

Если брать не 1 моль, а любое количество газа, имеющего массу m , то состояние идеального газа можно выразить удобным для расчетов уравнением Менделеева — Клайперона в том виде, в котором оно было впервые записано Д.И.Менделеевым в 1874 г.:

$$PV = \frac{m}{M} RT, \quad (20)$$

где m — масса газа, г; M — молярная масса.

Уравнение (20) состояния идеального газа может использоваться для расчетов в водолазной практике.

Пример. Определить, какой объем занимают 2,3 кг водорода при температуре $+10^\circ\text{C}$ и давлении 125 кгс/см^2 .

$$V = \frac{mRT}{PM} = \frac{2300 \cdot 0,082 \cdot 283}{125 \cdot 2} = 213,5 \text{ л,}$$

где 2300 - масса газа, г; 0,082 - газовая постоянная; 283 - температура Т (273+10); 2 - молярная масса водорода М.

Из уравнения (20) следует, что давление, оказываемое газом на стенки сосуда, равно:

$$P = \frac{mRT}{MV}. \quad (21)$$

Это давление исчезает или при $m \rightarrow 0$ (когда почти исчезает газ), или при $V \rightarrow \infty$ (когда газ неограниченно расширяется), или при $T \rightarrow 0$ (когда молекулы газа не движутся).

2.4. Уравнение Ван-дер-Ваальса

Еще М.В.Ломоносов указывал на то, что закон Бойля - Мариотта не может быть верен при очень больших величинах давления, когда расстояния между молекулами сравнимы с их собственными размерами. Впоследствии полностью подтвердилось то, что отступления от поведения идеальных газов будут значительны при очень высоких давлениях и очень низких температурах. В этом случае уравнение идеального газа даст неверные результаты без учета сил взаимодействия молекул газа и занимаемого ими объема. Поэтому в 1873 г. Ян Дидерик Ван-дер-Ваальс предложил внести в это уравнение две поправки: на давление и на объем.

Поскольку молекулы реальных газов обладают определенным объемом, притом различным у разных газов, в уравнение состояния газов введен поправочный член b , равный по величине объему всех молекул газа. Тогда доступный для сжатия объем V , занимаемый идеальным газом, будет меньше на величину b ($V_1 = V - b$). Кроме того, молекулы реального газа обладают силами взаимного притяжения a , вследствие чего истинное давление газа (P_1) будет больше на величину (a/V^2) .

Для массы газа, равной 1 молю, с учетом поправок уравнение состояния газа примет следующий вид:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - b) = RT. \quad (22)$$

Уравнение Ван-дер-Ваальса для любого количества газа выражается следующим образом:

$$\left[P + \left(\frac{m}{M}\right)^2 \frac{a}{V^2}\right] \left(V - \frac{m}{M} b\right) = \frac{m}{M} RT, \quad (23)$$

где V - объем, занимаемый килограммами (граммами) газа; M - кг-моль (г-моль); a и b - постоянные Ван-дер-Ваальса, которые могут быть определены по критическим параметрам для одного моля газа (объему, давлению и температуре вещества).

2.5. Закон Авогадро

Амедео Авогадро в 1811 г. выдвинул молекулярную гипотезу строения вещества и установил закон, названный его именем.

Исходя из закона Гей-Люссака о том, что при химическом взаимодействии газообразных веществ объемы реагирующих газов всегда равны друг другу или находятся в простых кратных отношениях, Авогадро выдвинул гипотезу, по которой при одинаковых условиях температуры и давления все идеальные газы независимо от их химической природы содержат в единице объема равное число молекул. Отсюда следует, что масса равных объемов газа пропорциональна их молекулярной массе. Общепринятой массовой единицей является моль. Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов (молекул, атомов, ионов, электронов и др.), сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг. В 1 моле любого вещества находится одинаковое число молекул или атомов вещества. Это отношение числа молекул к количеству вещества называется постоянной (или числом) Авогадро: $N_A = 6,0221367 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. При 0 °С и 760 мм рт.ст. моль любого газа занимает объем 22,412 л, или сжатый до 1 л моль производит давление 22,412 кгс/см².

Исходя из закона Авогадро, зная объемы исследуемых газов, можно определить их массу и, наоборот, по массе газа узнать его объем.

Пример. Рассчитать массу кислорода, находящегося в баллончике объемом 1,3 л под давлением 150 кгс/см². Объем кислорода = $1,3 \cdot 150 = 195$ л. 1 моль кислорода занимает объем 22,4 л и имеет массу 32 г (атомная масса кислорода = 16, число атомов в молекуле = 2). Разделив массу 1 моля на его объем, получим массу 1 л газа: $32 : 22,4 = 1,429$ г. Масса всего объема кислорода составит $195 \cdot 1,429 = 279$ г.

Пример. Какой объем занимают 200 г кислорода? Определяем объем, занимаемый одним граммом кислорода, для чего делим объем, занимаемый одним молем кислорода, на его массу, т.е. $22,4 : 32 = 0,7$ л. Тогда 200 г кислорода займут объем $0,7 \cdot 200 = 140$ л.

Для того, чтобы сравнивать искомый объем с нормальным объемом сухого воздуха, его приводят к нормальным условиям (температура 0 °С и давление 760 мм рт.ст.), пользуясь формулой:

$$V_0 = V \frac{P - \omega}{(1 + 0,00367 t) 760}, \quad (24)$$

где V_0 — объем газа при 0 °С и 760 мм рт.ст., л; V — объем газа при данном давлении и температуре, л; P — давление, мм рт.ст.; ω — давление водяных паров, мм рт.ст.; t — температура, °С.

Зависимость парциального давления водяных паров от температуры при нормальном давлении приведена в табл. 9.

Кроме того, значения фактора $\frac{P - \omega}{(1 + 0,00367 t) 760}$ для различных условий давления и температуры можно получить по специальной таблице.

Найдя величину поправки, умножают ее на объем газа при данном давлении и температуре и получают объем сухого газа V_0 , который он должен занимать при 0 °С и 760 мм рт.ст.

Таблица 9. Парциальное давление водяных паров при различной температуре

Температура, °С	Давление, мм рт. ст.	Температура, °С	Давление, мм рт. ст.
10	9,2	22	19,6
11	9,8	23	20,9
12	10,4	24	22,2
13	11,1	25	23,5
14	11,9	26	25,0
15	12,7	27	26,5
16	13,5	28	28,1
17	14,4	29	29,8
18	15,3	30	31,5
19	16,3	37	47,1
20	17,4	38	49,7
21	18,5		

3. Основные виды расчетов при медико-санитарном обеспечении водолазных спусков

3.1. Расчеты по вентиляции барокамер и пополнению их газовой среды кислородом

3.1.1. При проведении в барокамерах тренировочных спусков, декомпрессии водолазов после спусков под воду и лечебной рекомпрессии требуется знать параметры вентиляции отсеков, а в случае использования системы регенерации с химическим поглотителем ХП-И - порядок обогащения газовой среды кислородом.

3.1.2. Время, через которое в барокамере накопится 1 % CO_2 , т.е. время, через которое необходимо провести первую вентиляцию барокамеры, можно определить по формуле:

$$T = \frac{60 \cdot V_{\text{бк}}}{2,5 \cdot n} = \frac{24 \cdot V_{\text{бк}}}{n}, \quad (25)$$

где T — время, мин; 60 — коэффициент для перевода часов в минуты; $V_{\text{бк}}$ — объем барокамеры, м^3 ; n — число человек в барокамере; 2,5 — необходимый объем подаваемого в барокамеру воздуха, равный $2,5 \text{ м}^3$, при условии, что 1 человек, находящийся в барокамере, выдыхает 25 л/ч

углекислого газа, а содержание CO_2 в газовой среде барокамеры не превышает 1 %, приведенного к нормальному давлению, 24 — переводной коэффициент, упрощающий формулу.

Пример. Определить, через какое время необходимо произвести вентиляцию барокамеры объемом $4,4 \text{ м}^3$, если в ней находится 2 человека.

$$T = \frac{24 \cdot V_{\text{бк}}}{n} = \frac{24 \cdot 4,4}{2} = 52,8 \text{ мин} \approx 50 \text{ мин}$$

(округляем в меньшую сторону).

Последующие вентиляции необходимо проводить через вдвое меньший промежуток времени, т.е. через 25 мин.

Время до первичной и повторной вентиляции барокамеры и ее отсеков в зависимости от количества находящихся в ней людей должно быть сведено в таблицу, которая вывешивается на пульте контроля и управления барокамеры или на ее наружной поверхности.

Следует иметь в виду, что при однократной вентиляции барокамеры концентрация углекислого газа в газовой среде уменьшается только на 50 % от исходной величины. Если на вентиляцию барокамеры будет израсходовано 2 объема сжатого воздуха, то концентрация углекислого газа снизится на 75 % от исходной величины.

3.1.3. Количество свободного воздуха (при нормальном давлении), которое необходимо подать в барокамеру для однократной вентиляции, зависит от объема барокамеры (или ее отсека) и величины давления в ней.

Расчет объема свободного воздуха, необходимого для однократной вентиляции барокамеры, определяется по формуле:

$$Q = V_{\text{бк}} \cdot (P_{\text{бк}} + 1), \quad (26)$$

где Q — объем свободного воздуха (м^3) при нормальном давлении, необходимый для однократной вентиляции барокамеры; $V_{\text{бк}}$ — объем барокамеры, м^3 ; $P_{\text{бк}} + 1$ — абсолютное давление в барокамере в кгс/см^2 (давление по манометру + атмосферное давление).

Пример. Объем барокамеры $4,4 \text{ м}^3$, избыточное давление в барокамере 5 кгс/см^2 . Определить объем воздуха, необходимый для однократной вентиляции.

$$Q = V_{\text{бк}} \cdot (P_{\text{бк}} + 1) = 4,4 \cdot (5 + 1) = 26,4 \text{ м}^3$$

(округляем в большую сторону - до 27 м^3).

3.1.4. Перед вентиляцией необходимо рассчитать остаточное давление в баллонах, по достижении которого в камеру будет подан необходимый для вентиляции объем воздуха. Остаточное давление в баллонах рассчитывается по формуле:

$$P_0 = \frac{V_{\text{б}} \cdot P_{\text{н}} - Q}{V_{\text{б}}}, \quad (27)$$

где P_0 — остаточное давление воздуха в баллонах после вентиляции барокамеры, кгс/см^2 ; $V_{\text{б}}$ — объем баллонов, м^3 ; $P_{\text{н}}$ — начальное давление

воздуха в баллонах, кгс/см²; Q — объем воздуха, необходимый для однократной вентиляции барокамеры, м³.

Пример. Объем воздушных баллонов составляет 1,2 м³, начальное давление равно 190 кгс/см². Необходимый объем воздуха для вентиляции составляет 27 м³. Определить остаточное давление в баллонах.

$$P_0 = \frac{V_0 \cdot P_n - Q}{V_0} = \frac{1,2 \cdot 190 - 27}{1,2} = 167,5 \text{ кгс/см}^2.$$

3.1.5. При проведении лечебной рекомпрессии с использованием кислорода для лечения кислородного голодания, утопления, отравления выхлопными газами и нефтепродуктами (см. табл. 33 п. 8.11.6 данной книги) в случае использования для дыхания кислородом в барокамере кислородных ингаляторов с открытой схемой дыхания или изолирующих кислородных аппаратов (например, аппарата ИДА-57 или ИДА-72Д2 с отсоединенной трубкой выдоха) необходимо исключить накопление в атмосфере барокамеры кислорода более 25%. С этой целью барокамеру периодически вентилируют воздухом в соответствии с расчетом. Время первой вентиляции от момента начала дыхания пострадавшего кислородом определяется расчетным путем по формуле:

$$T = \frac{V_{\text{бк}} \cdot 0,05}{n \cdot q}, \quad (28)$$

где T — время, мин; V_{бк} — объем барокамеры, л; n — число водолазов, которые используют для дыхания кислородные аппараты по открытой схеме дыхания; q — легочная вентиляция пострадавшего (8-10 л/мин).

Последующие вентиляции проводятся через вдвое меньшие промежутки времени. Расход воздуха на каждую однократную вентиляцию определяется по формуле (26) п. 3.1.3.

Пример. Объем отсека барокамеры V_{бк} = 6 м³. В барокамере находится один водолаз, который использует для дыхания кислородный аппарат по открытой схеме. Определить время до первой вентиляции барокамеры. Легочную вентиляцию принимаем равной 10 л/мин.

$$T = \frac{V_{\text{бк}} \cdot 0,05}{n \cdot q} = \frac{6000 \cdot 0,05}{1 \cdot 10} = 30 \text{ мин.}$$

Последующие вентиляции проводятся через 30 : 2 = 15 мин.

3.1.6. В случае использования системы регенерации с химическим поглотителем ХП-И и обогащением газовой среды кислородом требуется рассчитать количество подаваемого кислорода по объему и по величине падения давления в баллонах — хранилищах кислорода.

3.1.7. Необходимое количество кислорода, подаваемого в барокамеру, предварительно рассчитывается водолазным врачом по формуле:

$$Q = \frac{(C_2 - C_1) \cdot V_{\text{бк}} \cdot P}{100}, \quad (29)$$

где Q - количество подаваемого кислорода, приведенное к нормальному давлению, м^3 ; C_2 — заданное содержание кислорода в газовой среде барокамеры, %; C_1 - исходное содержание кислорода в газовой среде барокамеры, %; $V_{\text{бк}}$ — объем барокамеры, м^3 ; P — абсолютное давление газовой среды в барокамере ($P = P_{\text{бк}} + 1$), кгс/см^2 .

Пример. Объем барокамеры $V_{\text{бк}} = 6,4 \text{ м}^3$. Исходное содержание кислорода в газовой среде барокамеры 19 %, давление в барокамере 5 кгс/см^2 (абсолютное давление 6 кгс/см^2). Заданное содержание кислорода 21 %. Определить объем подаваемого в барокамеру кислорода.

$$Q = \frac{(C_2 - C_1) \cdot V_{\text{бк}} \cdot P}{100} = \frac{(21 - 19) \cdot 6,4 \cdot 6}{100} = 0,768 \text{ м}^3.$$

Следовательно, в барокамеру необходимо подать 768 л кислорода.

3.1.8. Количество кислорода, которое необходимо подать из баллонов-хранилищ, определяется по величине падения в них давления. В случае использования одного транспортного 40-литрового баллона с кислородом расчет проводится по формуле:

$$\Delta PO_2 = \frac{Q}{0,04}, \quad (30)$$

где ΔPO_2 - величина падения давления кислорода в транспортном баллоне, кгс/см^2 ; Q — объем кислорода, необходимый для подачи в барокамеру, м^3 ; 0,04 - объем транспортного баллона, м^3 .

Пример. В барокамеру необходимо подать 768 л кислорода. Определить величину падения давления в баллоне.

$$\Delta PO_2 = \frac{Q}{0,04} = \frac{0,768}{0,04} = 19,2 \text{ кгс/см}^2.$$

Следовательно, для того, чтобы подать в барокамеру 768 л кислорода, нужно снизить давление в транспортном баллоне на 19,2 кгс/см^2 .

3.2. Расчет запасов воздуха для проведения лечебной рекомпрессии

3.2.1. Запас воздуха для проведения лечебной рекомпрессии по выбранному режиму зависит от объема лечебного отсека, величины максимального давления по режиму лечебной рекомпрессии, ее продолжительности и расхода воздуха на вентиляцию барокамеры.

3.2.2. Для определения запасов воздуха на проведение лечебной рекомпрессии необходимо рассчитать его объем, требующийся на первоначальное заполнение барокамеры для создания заданного давления по режиму декомпрессии. Расчет проводится по формуле:

$$Q = V_{\text{бк}} \cdot P_{\text{бк}}, \quad (31)$$

где V - свободный объем воздуха для заполнения барокамеры, м^3 ; $V_{\text{бк}}$ - объем отсека барокамеры, в котором проводится лечение, м^3 ; $P_{\text{бк}}$ - заданное избыточное давление режима лечебной рекомпрессии, кгс/см^2 .

Пример. Определить объем воздуха, необходимый для создания давления в барокамере объемом 4,4 м³ до 5 кгс/см² по манометру (50 м вод.ст.) для проведения лечебной рекомпрессии заболевшего водолаза по режиму лечебной рекомпрессии 1А.

$$Q = V_{\text{бк}} \cdot P_{\text{бк}} = 4,4 \cdot 5 = 22 \text{ м}^3.$$

Таким же способом рассчитывается расход воздуха на проверку герметичности барокамеры при максимальном давлении.

3.2.3. Расход воздуха на вентиляцию отсека барокамеры или всей барокамеры рассчитывается в соответствии с пп. 3.1.2 и 3.1.3. При этом РБК должно соответствовать абсолютному давлению на остановках, на которых проводится вентиляция.

Пример. Рассчитать объем воздуха для проведения вентиляций при Лечебной рекомпрессии заболевшего водолаза по режиму лечебной рекомпрессии 1А. Объем барокамеры 4,4 м³, в барокамере находится 2 человека, заданное давление в барокамере по режиму составляет 5 кгс/см² (50 м вод. ст.), общее время пребывания под давлением — 26–43 мин.

В соответствии с примером расчета по формуле (25), приведенным в п. 3.1.2, первая вентиляция должна проводиться через 52,8 мин (или ~ 50 мин), а последующие вентиляции — через 25 мин. Объем воздуха, необходимый для однократной вентиляции при максимальном давлении, рассчитанный по формуле (26), составляет 26,4 м³–27 м³ (см. пример в п. 3.1.3). Таким же образом подсчитываются объемы вентиляции через каждые последующие 25 мин декомпрессии с учетом величин давления на остановках.

3.2.4. Зная расход воздуха на создание заданного давления в барокамере, на вентиляцию барокамеры при наибольшем давлении лечебного режима и в процессе декомпрессии, легко подсчитать общий расход воздуха на проведение лечебной рекомпрессии. Такие расчеты для конкретной барокамеры и применения различных режимов лечебной рекомпрессии целесообразно сделать заранее для определения запаса воздуха, необходимого для выполнения водолазных работ.

3.3. Расчет расхода воздуха на спуск водолаза в вентилируемом снаряжении

3.3.1. Расход воздуха на спуск водолаза в вентилируемом снаряжении складывается из расхода воздуха на подачу водолазу во время его пребывания на глубине спуска и при декомпрессии под водой, а также на декомпрессию водолаза в барокамере.

3.3.2. Расход воздуха при использовании водолазом вентилируемого снаряжения должен составлять 80–120 л/мин (с учетом тяжести выполняемой работы) под давлением, равным глубине погружения.

Зная глубину спуска, время пребывания на ней и минутный расход воздуха, можно ориентировочно определить расход воздуха, подаваемого водолазу за период пребывания на грунте, по формуле:

$$Q = q \cdot t \cdot P_{\text{гн}}, \quad (32)$$

где Q — расход свободного воздуха за время пребывания на глубине спуска, л; q — минутный расход свободного воздуха при нормальном давлении, л/мин; t — время пребывания водолаза на глубине спуска, мин; $P_{\text{сн}}$ — абсолютное давление на глубине спуска, кгс/см².

Пример. Водолаз в трехболтовом водолазном снаряжении выполняет тяжелую работу на грунте на глубине 30 м в течение 30 мин. Определить расход свободного воздуха за период работы на грунте. Принимаем $q = 120$ л/мин.

$$Q = q \cdot t \cdot P_{\text{сн}} = 120 \cdot 30 \cdot 4 = 14\,400 \text{ л} = 14,4 \text{ м}^3.$$

Минутный расход подаваемого водолазу воздуха (объем вентиляции скафандра) определяется по величине падения давления в баллоне за определенный период времени. Зная объем баллона, величину падения давления и время, в течение которого проводилось определение расхода воздуха, можно рассчитать объем воздуха, подаваемого водолазу, по формуле:

$$q = \frac{V_6(P_n - P_o)}{t \cdot P_{\text{сн}}}, \quad (33)$$

где q — минутный расход свободного воздуха, л/мин; V_6 — объем баллона, л; P_n — начальное давление воздуха в баллоне, кгс/см²; P_o — остаточное давление воздуха в баллоне, кгс/см²; t — время расхода (замера), мин; $P_{\text{сн}}$ — абсолютное давление на глубине спуска, кгс/см².

Пример. Водолаз находится на глубине 50 м ($P_{\text{сн}} = 6$ кгс/см²). Воздух водолазу подается из баллона объемом 40 л ($V_6 = 40$ л). Замер расхода воздуха проводился в течение 5 мин ($t = 5$ мин). Начальное давление воздуха в баллоне составляло 100 кгс/см² ($P_n = 100$ кгс/см²), остаточное давление $P_o = 25$ кгс/см². Минутный расход свободного воздуха составит:

$$q = \frac{V_6(P_n - P_o)}{t \cdot P_{\text{сн}}} = \frac{40 \cdot (100 - 25)}{5 \cdot 6} = 100 \text{ л/мин.}$$

3.3.3. Расход воздуха на подачу водолазу в процессе декомпрессии под водой проводится по формуле (32). При этом $P_{\text{сн}}$ соответствует абсолютному давлению на остановке, t — времени выдержки на ней по режиму декомпрессии, q — минутному расходу воздуха для вентиляции скафандра, который можно принять за 50 л/мин, так как водолаз находится в состоянии покоя (выделение CO_2 около 30 л/ч).

Пример. Определить расход воздуха при нахождении водолаза в течение 10 мин на остановке декомпрессии 9 м.

$$Q = q \cdot t \cdot P_{\text{сн}} = 50 \cdot 10 \cdot 1,9 = 950 \text{ л} = 0,95 \text{ м}^3.$$

Зная давление на каждой остановке и время выдержек на них по режиму декомпрессии и расход воздуха на вентиляцию скафандра, можно легко рассчитать расход воздуха за весь период декомпрессии.

3.3.4. Расход воздуха на проведение декомпрессии водолаза в барокамере при использовании метода декомпрессии на поверхности производится в соответствии с п. 3.2. При этом запас воздуха для заполнения

барокамеры рассчитывается на глубину перевода водолаза из воды в барокамеру. Расход воздуха на проведение вентиляций рассчитывается с учетом времени до первой и последующих вентиляций и глубин остановок по режиму декомпрессии.

3.3.5. В приведенном расчете общего расхода воздуха на водолазный спуск, складывающегося из его расхода за время пребывания на максимальной глубине и время декомпрессии под водой и в барокамере, не учитывается расход воздуха на заполнение скафандра, проверку на герметичность и погружение водолаза до грунта. В связи с этим фактический расход воздуха может быть выше расчетного на 5-10 %.

3.3.6. Запас воздуха перед началом каждого очередного водолазного спуска должен быть равным двойному расчетному запасу воздуха на спуск водолаза (с учетом возможности спуска страхующего водолаза) и дополнительному запасу воздуха на проведение лечебной рекомпрессии.

3.3.7. Зная количество водолазных спусков для выполнения водолазных работ и расход воздуха на 1 водолазный спуск, можно ориентировочно определить общий расход воздуха на выполнение всего цикла водолазных работ, добавив расход воздуха на случай необходимости проведения лечебной рекомпрессии. При этом необходимо учитывать возможность пополнения запасов воздуха с учетом производительности компрессоров.

3.3.8. Фактический запас воздуха на месте проведения работ определяется по формуле:

$$V_{\phi} = \Sigma [V_6 \cdot (P_6 - P_0)], \quad (34)$$

где V_{ϕ} — фактический объем воздуха, м^3 ; V_6 — объем баллона с воздухом, м^3 ; P_6 — давление воздуха в баллоне, кгс/см^2 ; P_0 — допустимое остаточное давление в баллоне, кгс/см^2 .

3.4. Расчет расхода воздуха или 40 %-ной кислородно-азотной смеси при использовании снаряжения с открытой схемой дыхания и максимально допустимого времени пребывания водолаза под водой

3.4.1. При использовании снаряжения с открытой схемой дыхания в автономном варианте расчет расхода дыхательной газовой смеси (воздуха или 40 % КАС) в баллонах аппарата необходим для определения максимально допустимого времени пребывания водолаза под водой в целях обеспечения его безопасности. Расход ДГС на водолазный спуск При использовании снаряжения с открытой схемой дыхания в автономном варианте зависит от глубины спуска, времени работы водолаза под водой, степени тяжести выполняемой работы и температуры воды.

Расход ДГС определяется по формуле:

$$Q = Q_{\text{гр}} + Q_{\text{дек}}, \quad (35)$$

где Q - объем ДГС, необходимый на спуск, м^3 ; $Q_{\text{гр}}$ - объем ДГС, используемой водолазом за время пребывания на фунте, м^3 ; $Q_{\text{дек}}$ - объем ДГС, используемой водолазом в период декомпрессии под водой, м^3 .

3.4.2. Расчет максимально допустимого времени пребывания водолаза под водой при использовании снаряжения с открытой схемой дыхания в автономном варианте начинается с определения рабочего запаса свободной газовой смеси в баллонах аппарата по формуле:

$$V_p = V_6 \cdot (k \cdot P_6 - P_0), \quad (36)$$

где V_p - рабочий запас свободной ДГС, л; V_6 - емкость баллонов, л; P_6 - давление в баллонах аппарата перед спуском, кгс/см²; P_0 - остаточное (резервное) давление в баллонах аппарата, при котором срабатывает указатель минимального давления, кгс/см²; k - коэффициент температурной поправки, учитывающий изменения давления в баллонах аппарата в зависимости от разности температур воздуха в них и водной среды (табл. 10).

Таблица 10. Коэффициент температурной поправки (k)

Разность температуры воздуха и воды, °С	+3	+20	+10	+5	0	-5
k	0,38	0,92	0,96	0,98	1	1,01

3.4.3. Допустимое время пребывания водолаза под водой без учета времени декомпрессии определяется по формуле:

$$T = \frac{V_p}{Q} = \frac{V_6(k \cdot P_6 - P_0)}{Q}, \quad (37)$$

где T - допустимое время пребывания водолаза под водой, мин; Q - минутный расход свободного воздуха водолазом на глубине спуска (легочная вентиляция, л/мин), определяемый по формуле:

$$Q = q \cdot (0,1 H + 1), \quad (38)$$

где q - легочная вентиляция при нормальном барометрическом давлении, л/мин; H - глубина погружения, м вод.ст.

Легочная вентиляция при нормальном давлении выбирается из табл. 11, в которой дается количество расходуемого воздуха (л/мин) в зависимости от температуры воды, состава снаряжения и характера работы.

Таблица 11. Легочная вентиляция (q) в условиях нормального барометрического давления в зависимости от температуры воды, состава снаряжения и характера работы

Температура воды, °С	Состав снаряжения	Характер работы		
		легкая	средней тяжести	тяжелая
До 10	Водолазное белье и гидрокостюм	30	45	60
10-15	То же	25	35	55
15-19	Рабочий костюм, гидрокombineзон	20	30	50
20-25	Рабочий костюм	20	30	50

Пример. Предстоит спуск водолаза для выполнения легкой работы на глубине 20 м. Объем 2 воздушных баллонов (V_0) составляет 14 л (2 баллона по 7 л), рабочее давление воздуха в баллонах $P_6 = 180$ кгс/см². Остаточное давление воздуха в баллонах, при котором срабатывает указатель минимального давления, составляет $P_0 = 40$ кгс/см². Температура воздуха +25 °С. Температура воды на грунте +5 °С. Определить допустимое время пребывания водолаза под водой.

Решение:

$$T = \frac{V_p}{Q} = \frac{V_p}{q \cdot (0,1 H + 1)} = \frac{V_0(k \cdot P_6 - P_0)}{q \cdot (0,1 H + 1)}.$$

По табл. 10 находим величину k . Для разности температур 20 °С (25 — 5) она равна 0,92. Из табл. 11 определяем величину легочной вентиляции водолаза q при температуре +5 °С при выполнении легкой работы $q = 30$ л/мин. Отсюда:

$$T = \frac{14 \cdot (0,92 \cdot 180 - 40)}{30 \cdot (0,1 \cdot 20 + 1)} = 19,5 \text{ мин.}$$

3.4.4. В случае необходимости проведения декомпрессии при использовании снаряжения с открытой схемой дыхания в автономном варианте расчет расхода газовой смеси за время декомпрессии проводится в соответствии с п. 3.3.3 по формуле (32). При этом значение минутного расхода свободного воздуха q выбирается из табл. 11 для легкой работы. По данным принятого режима декомпрессии и расхода дыхательной газовой смеси на каждой остановке определяется расход дыхательной газовой смеси за период декомпрессии водолаза.

Зная рабочий запас ДГС в баллонах аппарата и расход смеси на декомпрессию, можно определить ориентировочное время пребывания водолаза на грунте по формуле:

$$T_{гр} = \frac{V_p - Q_{дек}}{Q_{гр}}, \quad (39)$$

где T — ориентировочное время пребывания водолаза на грунте, мин; V_p — рабочий запас свободной ДГС, л; $Q_{дек}$ — расход свободной ДГС воздуха за время декомпрессии, л; $Q_{гр}$ — минутный расход свободного воздуха водолазом на грунте (легочная вентиляция, л/мин), определяемый по формуле (38).

3.4.5. При использовании снаряжения с открытой схемой дыхания в шланговом варианте расчет расхода дыхательной газовой смеси (воздуха или 40 % КАС) проводится в том же порядке и по тем же формулам (32) и (33), как и определение расхода воздуха с использованием вентилируемого снаряжения (п. 3.3), за исключением того, что в формуле (32) минутный расход дыхательной газовой смеси на фунте определяется по формуле (38), а в период декомпрессии — в соответствии с рекомендациями п. 3.4.4.

Пример. Определить расход 40 % КАС водолазом, выполняющим работу средней тяжести в снаряжении с открытой схемой дыхания в шланговом варианте на глубине 40 м в течение 30 мин при температуре воды 8 °С.

Из табл. 11 принимаем $q = 45$ л/мин. По формуле (31) на фунте: $Q = q \cdot t \cdot P_{\text{сп}} = 45 \cdot 30 \cdot 5 = 6750$ л. Согласно режиму декомпрессии водолаз должен сделать выдержку на глубине 3 м в течение 9 мин. Минутный расход смеси на дыхание при $q = 30$ л/мин по формуле (38) составит: $Q = q \cdot (0,1 H + 1) = 30 \cdot (0,1 \cdot 3 + 1) = 39$ л. За время декомпрессии расход = $39 \cdot 9 = 351$ л. Общий расход 40 % КАС составит $Q = Q_{\text{гр}} + Q_{\text{дек}} = 6750 + 351 = 7101$ л.

3.4.6. При использовании метода декомпрессии на поверхности расход воздуха на проведение декомпрессии водолаза в барокамере приводится в соответствии с п. 3.3.4.

3.4.7. Запас воздуха перед началом каждого очередного водолазного спуска должен быть равным двойному расчетному запасу воздуха на спуск водолаза (с учетом возможности спуска страхующего водолаза) и дополнительно запасу воздуха на проведение лечебной рекомпрессии. При спусках водолазов с использованием для дыхания 40 % КАС производится раздельный расчет двойного запаса 40 % КАС для работы и декомпрессии под водой, а также воздуха для декомпрессии на поверхности и лечебной рекомпрессии.

3.4.8. Зная количество водолазных спусков для выполнения водолазных работ и расход ДГС на 1 водолазный спуск, можно ориентировочно определить общий расход воздуха или 40 % КАС на выполнение всего цикла водолазных работ, добавив расход воздуха на случай необходимости проведения лечебной рекомпрессии. При этом необходимо учитывать возможность пополнения запасов воздуха с учетом производительности компрессоров, а также возможность приготовления 40 % КАС в ходе выполнения водолазных работ.

3.4.9. Фактический запас воздуха или 40 % КАС на месте проведения работ определяется по формуле (34) п. 3.3.8.

3.5. Расчет расхода 40 %-ной кислородно-азотной смеси на водолазный спуск при использовании снаряжения с полужамкнутой схемой дыхания

3.5.1. В снаряжении с полужамкнутой схемой дыхания для поддержания заданных величин парциального давления кислорода и допустимого содержания углекислого газа осуществляется постоянная подача газовой смеси вдыхательный мешок. Количество непрерывно подаваемой ДГС из баллонов аппарата или по шлангу от транспортных баллонов, размещенных на поверхности, зависит от конструктивных особенностей системы газоснабжения дыхательного аппарата.

3.5.2. Расход ДГС на водолазный спуск и время безопасной работы водолаза при использовании снаряжения с полужамкнутой схемой дыхания в автономном варианте определяются по формулам, представленным в п. 3.3.2. При этом в формуле (32) под q принимается величина

на постоянной подачи ДГС вдыхательный мешок из баллонов аппарата (величина постоянной подачи берется из технического описания снаряжения). Безопасное время работы водолаза под водой определяется с использованием формул (36), (37) и (38).

3.5.3. При использовании снаряжения с полузамкнутой схемой дыхания в шланговом варианте расход ДГС на спуск рассчитывается в соответствии с п. 3.4.5 со значением q в формуле (32), указанным в п. 3.5.2.

3.6. Расчет запасов воздуха, кислорода и азота, необходимых для приготовления 40 %-ной кислородно-азотной смеси

3.6.1. Определение запасов азота и кислорода для приготовления 40 % КАС производится следующим образом. 40 % КАС состоит из 40 % кислорода и 60 % азота. Зная объем дыхательной смеси, необходимой для предстоящих работ, и состав ее по кислороду и азоту, можно легко рассчитать требуемые запасы азота и кислорода по формулам:

$$V_{N_2} = V_{см} \cdot 0,6, \quad (40)$$

$$V_{O_2} = V_{см} \cdot 0,4, \quad (41)$$

где V_{N_2} — объем азота, $м^3$; V_{O_2} — объем кислорода, $м^3$; V — объем 40 % КАС, $м^3$.

Пример. Необходимо приготовить 50 $м^3$ 40 % КАС из азота и кислорода. Определить необходимый объем азота и кислорода.

$$\begin{aligned} V_{N_2} &= V_{см} \cdot 0,6 = 50 \cdot 0,6 = 30 \text{ } м^3, \\ V_{O_2} &= V_{см} \cdot 0,4 = 50 \cdot 0,4 = 20 \text{ } м^3. \end{aligned}$$

3.6.2. Если 40 % КАС готовится из воздуха и кислорода, то необходимое количество воздуха и кислорода рассчитывается по формулам:

$$V_{возд} = V_{см} \cdot 0,75, \quad (42)$$

$$V_{O_2} = V_{см} \cdot 0,25. \quad (43)$$

Пример. Необходимо приготовить 50 $м^3$ 40 % КАС из воздуха и кислорода. Определить необходимый объем воздуха и кислорода.

$$\begin{aligned} V_{возд} &= V_{см} \cdot 0,75 = 50 \cdot 0,75 = 37,5 \text{ } м^3, \\ V_{O_2} &= V_{см} \cdot 0,25 = 50 \cdot 0,25 = 12,5 \text{ } м^3. \end{aligned}$$

3.7. Расчет максимально допустимого времени пребывания под водой водолаза в снаряжении с замкнутой схемой дыхания

3.7.1. Расчет максимально допустимого времени пребывания водолаза под водой по запасу кислорода в баллонах аппарата производится по формулам (36), (37) и (38) с использованием табл. 10 и 12.

Пример. Определить время работы водолаза под водой при выполнении работы средней тяжести на глубине 10 м в снаряжении с замкнутой схемой дыхания кислородом, если объем кислородного балло-

Таблица 12. Количество кислорода, потребляемое водолазом под водой

Температура воды, °С	Потребление кислорода (л/мин) при работе водолаза под водой		
	легкой	средней тяжести	тяжелой
5-10	2,0	2,5	3,0
11-15	1,75	2,25	2,75
16-19	1,25	1,75	2,25
20-25	1,0	1,5	2,0

на $V_6 = 1,3$ л, давление в баллоне $P_6 = 190$ кгс/см², остаточное давление $P_0 = 30$ кгс/см², температура воздуха 22 °С, температура воды 17 °С (разность температур 5 °С), на проведение 5-кратной промывки системы «аппарат — легкие» при включении в аппарат перед спуском расходует 4 л • 5 = 20 л.

Рабочий запас кислорода в баллоне по формуле (36) составляет: $V = V_6 \cdot (k \cdot P_6 - P_0) = 1,3 \cdot (0,98 \cdot 191 - 31) = 203,84 - 204$ л. За вычетом кислорода, необходимого на проведение промывок перед включением в аппарат, рабочий запас кислорода составит $204 - 20 = 184$ л. По табл. 12 определяем минутное потребление кислорода водолазом под водой: $Q = 1,75$ л/мин. Безопасное время работы водолаза под водой определяется по формуле (37): $T = V_p : Q = 184 : 1,75 = 105,1 - 105$ мин.

3.7.2. Расчет максимально допустимого времени пребывания водолаза под водой по запасу ХП-И в регенеративном патроне аппарата производится по формуле:

$$T = \frac{(100 - a) \cdot m}{q}, \quad (44)$$

где a — начальное насыщение ХП-И углекислым газом, л/кг; m — масса ХП-И в регенеративном патроне, кг; q — количество выделенного водолазом углекислого газа, которое приближенно принимается равным количеству потребленного кислорода (см. табл. 12).

Пример. Определить безопасное время работы водолаза под водой по запасам ХП-И при тех же условиях спуска, которые приведены в примере п. 3.7.1. При этом масса ХП-И составила $m = 2,0$ кг, начальное насыщение ХП-И по данным анализа перед спуском $a = 10$ л/кг, а выделение углекислого газа при дыхании водолаза $q = 1,75$ л/мин.

$$T = \frac{(100 - a) \cdot m}{q} = \frac{(100 - 10) \cdot 2}{1,75} = 102,2 = 102 \text{ мин.}$$

Таким образом, в данном примере расчетное время работы водолаза под водой по запасам кислорода и ХП-И практически одинаково.

3.8. Расчет максимально допустимого времени ныряния на задержке дыхания с использованием комплекта № 1

В.И.Тюрин (1974) предложил определять предельно допустимое время пребывания ныряльщика под водой по формуле:

$$T = K \cdot \text{ОЕЛ} : \text{ПК} , \quad (45)$$

где T — предельно допустимое время пребывания под водой, мин; K - разность между начальным процентным содержанием кислорода в альвеолярном воздухе (без гипервентиляции - около 14 %, после гипервентиляции — около 17 %) и минимально допустимым его процентом, при котором еще не возникают явления кислородного голодания головного мозга; ОЕЛ — общая емкость легких (ЖЕЛ + остаточный воздух), л; ПК - потребление кислорода, л/мин.

Предобморочное состояние в исследованиях В.И.Тюрина возникало при содержании кислорода до 3,2-4,9 % у хорошо тренированных физически здоровых мужчин, до 5—7 % — у мало тренированных и до 7,1 — 10 % — у плохо тренированных. Если принять для расчета это значение за 7 %, то без гипервентиляции $K = (14 - 7) : 100 = 0,07$, а после гипервентиляции $K = (17 - 7) : 100 = 0,10$.

Потребление кислорода зависит от температуры воды, интенсивности работы и физической тренированности организма на выносливость. Для плавания под водой эта величина может быть принята за 1 л/мин.

Если у ныряльщика ОЕЛ = 5 л, то при вышеприведенных значениях $T = K \cdot \text{ОЕЛ} : \text{ПК} = 0,07 \cdot 5 : 1 = 0,35$ мин, или 21 с без гипервентиляции и $T = 0,1 \cdot 5 : 1 = 0,50$ мин, или 30 с после гипервентиляции. Таким образом, безопасное время пребывания под водой после минутной гипервентиляции составит 30 с.

**ВЫПИСКИ ИЗ ПРИКАЗА МИНЗДРАВМЕДПРОМА РОССИИ
ОТ 14 МАРТА 1996г. №90
«О ПОРЯДКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ
И ПЕРИОДИЧЕСКИХ МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ
РАБОТНИКОВ И МЕДИЦИНСКИХ РЕГЛАМЕНТАХ ДОПУСКА
К ПРОФЕССИИ»**

**Перечень общих медицинских противопоказаний к допуску
в контакте с вредными, опасными веществами и производственными
факторами, а также на работы в соответствии с приложениями № 1 и 2
(приложение 4 к приказу)**

1. Врожденные аномалии органов с выраженной недостаточностью их функций.
2. Органические заболевания центральной нервной системы со стойкими выраженными нарушениями функций.
3. Хронические психические заболевания и приравненные к ним состояния, подлежащие обязательному диспансерному динамическому наблюдению в психоневрологических диспансерах, эпилепсия с пароксизмальными расстройствами.
- В случаях выраженных форм пограничных психических заболеваний вопрос о пригодности к соответствующим работам решается комиссией психоневрологического учреждения индивидуально.
4. Наркомании, токсикомании, хронический алкоголизм.
5. Болезни эндокринной системы с выраженными нарушениями функций.
6. Злокачественные новообразования (после проведенного лечения вопрос может решаться индивидуально при отсутствии абсолютных противопоказаний).
7. Все злокачественные заболевания системы крови.
8. Гипертоническая болезнь III стадии.
9. Болезни сердца с недостаточностью кровообращения.
10. Хронические болезни легких с выраженной легочно-сердечной недостаточностью.
11. Бронхиальная астма тяжелого течения с выраженными функциональными нарушениями дыхания и кровообращения.
12. Активные формы туберкулеза любой локализации.
13. Язвенная болезнь желудка, 12-перстной кишки с хроническим рецидивирующим течением и склонностью к кровотечениям.
14. Циррозы печени и активные хронические гепатиты.
15. Хронические болезни почек с явлениями почечной недостаточности.
16. Болезни соединительной ткани.
17. Болезни нервно-мышечной системы и опорно-двигательного аппарата со стойкими нарушениями функций, мешающие выполнению обязанностей по профессии.

18. Беременность и период лактации.
19. Привычное невынашивание и аномалии плода в анамнезе у женщин, планирующих деторождение.
20. Нарушения менструальной функции, сопровождающиеся маточными кровотечениями.
21. Глаукома декомпенсированная.

**Медицинские противопоказания
к работам, связанным с обслуживанием сосудов под давлением,
в дополнение к общим медицинским противопоказаниям
(из ст. 5 приложения 2 к приказу)**

При осмотрах, проводимых 1 раз в 3 года терапевтом, офтальмологом и отоларингологом, противопоказаниями к допуску на работу являются:

1. Острота зрения с коррекцией ниже 0,5 на одном глазу и ниже 0,2 на другом с коррекцией.

2. Ограничение поля зрения более чем на 20°.
3. Стойкое слезотечение, не поддающееся лечению.
4. Стойкое понижение слуха любой этиологии, одно- и двустороннее (шепотная речь менее 3 м).
5. Нарушение функции вестибулярного аппарата.
6. Выраженные формы заболеваний верхних дыхательных путей и органов дыхания с нарушением функции.
7. Хронические рецидивирующие заболевания кожи.

ЗАЧЕТНЫЙ ЛИСТ ВОДОЛАЗНОГО ВРАЧА (ФЕЛЬДШЕРА)

от "____" _____ г.
по сдаче зачетов ВКК на допуск к самостоятельному
медицинскому обеспечению водолазных спусков
на глубины до 60 м

Фамилия	
Имя, отчество	
Место работы	
Стаж работы	
№ билета	
Оценки по знанию основных положений:	
Медицинское обеспечение водолазных спусков	
Медицинское обеспечение лечебной рекомпрессии и тренировочных спусков в барокамере	
Медицинское обеспечение водолазов в межспусковой период	
Техническая и физиолого-гигиеническая характеристики водолазного снаряжения и оборудования	
Профессиональные заболевания водолазов (этиология, патогенез, клиника, лечение и профилактика)	
Порядок действий по оказанию помощи пострадавшему водолазу	
Требования по обеспечению безопасности труда водолазов и водолажных спусков	

Председатель ВКК: _____ (_____)

Члены: _____ (_____)
 _____ (_____)
 _____ (_____)
 _____ (_____)
 _____ (_____)

ПОЛОЖЕНИЕ О ВОДОЛАЗНОМ ВРАЧЕ (ФЕЛЬДШЕРЕ)

1. Общие положения

1.1. На должность водолазного врача (фельдшера) для медицинского обеспечения водолазных спусков на глубины до 60 м, спусков под воду на глубины до 80 м в аварийных условиях, лечебной рекомпрессии и тренировочных спусков в барокамере под давлением до 100 м вод.ст. назначаются врачи (фельдшера), прошедшие специализацию по профпатологии в медицинских учебных заведениях, имеющих специализированные по подводной (водолазной) медицине кафедры (курсы).

1.2. К обучению по специальности водолазного врача (фельдшера) допускаются врачи (фельдшера) в возрасте не старше 35 лет. Водолазные врачи (фельдшера), осуществляющие медицинское обеспечение спусков, должны иметь возраст от 20 до 55 лет, быть допущенными по состоянию здоровья к оказанию помощи пострадавшему водолазу в барокамере под давлением до 100 м вод.ст. и иметь, как правило, квалификацию «водолаз» (кроме женщин).

1.3. Водолазный врач (фельдшер) входит в штат лечебно-профилактического учреждения, которое осуществляет медицинское обеспечение водолазов, или в штат предприятия (организации, учреждения), выполняющего водолазные работы, подчиняясь по специальным вопросам медицинского обеспечения лечебно-профилактическому учреждению.

1.4. В случае нахождения водолазного врача (фельдшера) в штате лечебно-профилактического учреждения его назначение и увольнение осуществляются в соответствии с действующим законодательством главным врачом больницы по представлению заместителя главного врача больницы по организации медицинского обеспечения подводно-технических работ (при отсутствии последнего в штате учреждения его функции выполняет заместитель главного врача по организационно-методической работе). При нахождении водолазного врача (фельдшера) в штате предприятия (организации, учреждения) его назначение и увольнение производится администрацией по согласованию с главным врачом лечебно-профилактического учреждения.

1.5. Водолазный врач (фельдшер), находящийся в штате лечебно-профилактического учреждения, подчиняется заместителю главного врача по организации медицинского обеспечения водолазных и подводно-технических работ. Водолазный врач (фельдшер), находящийся в штате предприятия (организации, учреждения), подчиняется главному водолазному врачу, а при его отсутствии - главному (старшему) водолазному специалисту с подчинением по специальным вопросам заместителю главного врача лечебно-профилактического учреждения по организации медицинского обеспечения водолазных и подводно-технических работ.

1.6. Во время нахождения на плавсредстве или на береговой водолазной станции водолазный врач (фельдшер) в административном отношении подчиняется старшине (бригадиру) водолазной станции, а во время проведения спусков — руководителю водолазного спуска.

1.7. Водолазные врачи допускаются к медицинскому обеспечению водолазных спусков на глубины до 60 м (в аварийных случаях - до 80 м) во всех типах водолазного снаряжения, имеющегося на предприятии (в организации, учреждении) при выполнении всех видов водолазных работ, а также тренировочных спусков и лечебной рекомпрессии в барокамерах под давлением до 100 м вод.ст.

1.8. Водолазные фельдшера допускаются к медицинскому обеспечению водолазных спусков на глубины до 45 м во всех типах водолазного снаряжения, имеющегося на предприятии (в организации, учреждении) при выполнении всех видов водолазных работ (кроме учебных, экспериментальных и аварийно-спасательных работ по спасению людей, а также на высоте более 1000 м над уровнем моря). Они допускаются также к медицинскому обеспечению тренировок в барокамерах под давлением до 100 м вод.ст. При невозможности организации врачебного здравпункта водолазные фельдшера могут быть допущены к медицинскому обеспечению водолазных работ, связанных со спасением людей, а в отдельных случаях с разрешения Главного водолазного врача Минздрава России они могут получить допуск к медицинскому обеспечению водолазных спусков на глубины до 60 м.

1.9. Водолазный врач (фельдшер) должен ежегодно проходить освидетельствование водолазной клинико-экспертной комиссией (ВКЭК) на допуск по состоянию здоровья к спускам в барокамере под давлением до 100 м вод.ст. и сдавать зачет водолазной квалификационной комиссии (ВКК) на допуск к самостоятельному медицинскому обеспечению водолазных спусков под воду, тренировочных спусков и лечебной рекомпрессии в барокамере. Водолазные врачи (фельдшера), не допущенные ВКЭК по состоянию здоровья к спускам в барокамерах, но имеющие большой опыт медицинского обеспечения водолазных спусков, в порядке исключения могут допускаться к выполнению обязанностей водолазного врача (фельдшера) при условии, что в штате выполняющего водолазные работы предприятия (организации, учреждения) или в штате лечебно-профилактического учреждения имеются водолазные врачи (фельдшера), допущенные ВКЭК к спускам в барокамере под давлением до 100 м вод.ст. На таких же условиях женщины, прошедшие подготовку по специальности «водолазный врач» или «водолазный фельдшер», могут допускаться к медицинскому обеспечению водолазных спусков без права пребывания под повышенным давлением.

1.10. Допуск к самостоятельному медицинскому обеспечению водолазных спусков под воду и в барокамере водолазных врачей (фельдшеров), находящихся в штате лечебно-профилактического учреждения, ежегодно оформляется совместным приказом руководителя предприятия (организации, учреждения), выполняющего водолазные работы,

и главного врача лечебно-профилактического учреждения на основании заключения ВКЭК о состоянии здоровья и решения ВКК.

Допуск к самостоятельному медицинскому обеспечению водолазных спусков под воду и в барокамере водолазных врачей (фельдшеров) предприятия (организации, учреждения), выполняющего водолазные работы, оформляется приказом руководителя этого предприятия на основании заключения ВКЭК о состоянии здоровья и решения ВКК.

1.11. Водолазные врачи (фельдшера) должны ежемесячно проходить тренировочные спуски в барокамерах 1-2 раза в месяц под давлением 100 м вод.ст., а при наличии квалификации "водолаз" они могут спускаться под воду на глубины, установленные заключением ВКЭК о состоянии здоровья и решением ВКК.

1.12. Не реже одного раза в 5 лет водолазные врачи (фельдшера) должны направляться на курсы поддержания и повышения квалификации по специальности «профпатология» в порядке, установленном Минздравом России для врачей (фельдшеров) терапевтического профиля. Кроме того, водолазные врачи, находящиеся в штате предприятия (организации, учреждения), проводящего водолазные работы, должны ежегодно проходить одномесячное прикомандирование при лечебно-профилактическом учреждении по курсу оказания неотложной помощи.

1.13. За каждым водолазным врачом закрепляется водолазный врачебный здравпункт для организации и контроля медицинского обеспечения водолазных спусков и водолазов в межспусковой период на 5-10 водолазных станциях (в зависимости от территориальной удаленности и глубин спусков). Непосредственно на месте проведения водолазных работ водолазный врачебный здравпункт организуется при проведении экспериментальных спусков, спусков на высотах более 1000 м, на глубинах более 45 м и при аварийно-спасательных работах, связанных со спасением людей.

1.14. За каждым водолазным фельдшером закрепляется водолазный фельдшерский здравпункт для организации и контроля медицинского обеспечения водолазных спусков и водолазов в межспусковой период на 1-4 водолазных станциях. Непосредственно на месте проведения водолазных работ водолазный фельдшерский здравпункт организуется при проведении водолазных спусков на глубинах от 12 до 45 м в любых типах водолазного снаряжения, при спусках в особых условиях, при спусках в опасную в эпидемиологическом отношении воду, а также при спасательных работах, связанных со спасением людей (в случае невозможности организации врачебного здравпункта).

1.15. Водолазный врач (фельдшер) в своей работе руководствуется законодательными и нормативными документами Российской Федерации по вопросам охраны здоровья граждан, настоящим Положением, приказами и распоряжениями лечебно-профилактического учреждения и администрации предприятия (организации, учреждения), выполняющего водолазные работы, действующими руководящими и нормативными документами по организации и проведению водолазных спусков на глубины до 60 м в части их медицинского обеспечения.

2. Водолазный врач (фельдшер) должен знать:

- 2.1. организацию медицинского обеспечения на всех этапах спусков под воду и в барокамере;
- 2.2. устройство и правила эксплуатации различных типов водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков, основные меры безопасности при проведении водолазных спусков под воду и в барокамере;
- 2.3. этиологию, патогенез, клинику, дифференциальную диагностику и профилактику специфических и неспецифических заболеваний водолазов при спусках под воду и в барокамере;
- 2.4. способы оказания первой медицинской помощи и лечения специфических и неспецифических заболеваний водолазов, правила оказания помощи при неотложных состояниях;
- 2.5. режимы труда, отдыха и питания водолазов;
- 2.6. методы дезинфекции водолазного снаряжения, одежды и средств обеспечения водолазных спусков;
- 2.7. методы медицинского контроля качества воздуха;
- 2.8. действия водолаза и обеспечивающих в аварийных ситуациях;
- 2.9. комплектацию водолазной аптечки и набора водолазного врача, их использование при оказании медицинской помощи пострадавшему водолазу.

3. Водолазный врач (фельдшер) должен уметь:

- 3.1. осуществлять контроль качества сжатого воздуха, а также 40 % -ной кислородно-азотной смеси в случае ее применения (анализ воздуха или ДГС на вредные вещества с помощью экспресс-анализаторов, на кислород и углекислый газ с помощью приборов газового анализа);
- 3.2. осуществлять медицинский контроль рабочей проверки водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков;
- 3.3. осуществлять руководство дезинфекцией водолазного снаряжения и средств обеспечения спуска;
- 3.4. распознавать по основным признакам специфические и неспецифические заболевания водолазов;
- 3.5. выбирать режим декомпрессии водолаза и лечебной рекомпрессии при появлении специфического заболевания водолаза;
- 3.6. выполнять подкожные, внутримышечные, внутривенные и внутрисердечные инъекции с соблюдением правил асептики и антисептики, перфузии, пункцию плевральной полости и другие манипуляции;
- 3.7. оказывать медицинскую помощь при травмах, специфических и неспецифических заболеваниях водолазов в барокамере под давлением до 100м вод.ст.;
- 3.8. проводить искусственную вентиляцию легких, непрямой массаж сердца, интубацию трахеи, катетеризацию мочевого пузыря, а водолазные врачи — также коникотомию и трахеостомию;
- 3.9. контролировать выполнение режимов труда, отдыха и питания водолазов;

ЗЛО. проводить занятия с водолазным составом с целью освоения ими методов оказания само- и взаимопомощи при специфических и неспецифических заболеваниях и травмах.

4. Обязанности:

4.1. Водолазный врач (фельдшер) при проведении водолазных спусков обязан:

4.1.1. проводить санитарный контроль состояния водолазного снаряжения и средств обеспечения спуска, руководить их дезинфекцией;

4.1.2. контролировать концентрацию вредных веществ в сжатом воздухе (ДГС) с помощью экспресс-анализаторов, кислорода и углекислого газа с помощью приборов газового анализа;

4.1.3. уметь проводить расчет допустимого времени пребывания водолаза под водой при использовании снаряжения с открытой, полужамкнутой или замкнутой схемами дыхания;

4.1.4. опрашивать водолазов о самочувствии непосредственно перед спусками на глубины до 20 м и проводить медицинский осмотр перед спусками на глубины до 60 м и перед тренировочными спусками в барокамере, давать допуск к спускам по медицинским показаниям;

4.1.5. осуществлять медицинский контроль подготовки к спуску и рабочей проверки водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков;

4.1.6. контролировать соблюдение режимов труда, отдыха и питания в период проведения водолазных спусков;

4.1.7. выбирать режим декомпрессии водолазов и режим лечебной рекомпрессии при лечении у водолазов декомпрессионной болезни, баротравмы легких, утопления, отравлении выхлопными газами и нефтепродуктами;

4.1.8. оказывать медицинскую помощь пострадавшему водолазу в барокамере под давлением до 100 м вод.ст.;

4.1.9. правильно вести водолазно-медицинскую документацию;

4.1.10. проходить 1-2 раза в месяц тренировочные спуски в барокамере под давлением 100 м вод.ст. при наличии соответствующего допуска ВКЭК;

4.1.11. ежегодно сдавать зачет ВКК на допуск к самостоятельному медицинскому обеспечению спусков под воду и в барокамере.

4.2. Водолазный врач (фельдшер) в межспусковой период обязан:

4.2.1. участвовать в работе ВКЭК при проведении ежегодных медицинских освидетельствований водолазов;

4.2.2. оказывать медицинскую помощь водолазам по мере обращения или направлять заболевших водолазов в лечебно-профилактическое учреждение на консультацию и лечение;

4.2.3. контролировать соблюдение режимов труда и отдыха;

4.2.4. контролировать организацию и качество питания водолазов;

4.2.5. осуществлять контроль организации, действенности и безопасности проведения занятий по физической подготовке;

4.2.6. своевременно подавать заявку на пополнение по мере расхода водолазной аптечки и набора водолазного врача медикаментами и перевязочными материалами;

4.2.7. проводить не реже 1 раза в квартал занятия с водолазным составом по оказанию само- и взаимопомощи, проведению искусственной вентиляции легких и непрямого массажа сердца при травмах, специфических и неспецифических заболеваниях водолазов, а также по соблюдению мер безопасности при проведении водолазных спусков;

4.2.8. обеспечивать постоянную готовность водолазов к спускам под воду.

5. Водолазный врач (фельдшер) имеет право:

5.1. допускать водолазов к спускам под воду по данным опроса самочувствия перед спусками на глубины до 20 м и по данным медицинского осмотра перед спусками на глубины до 60 м и перед тренировочными спусками в барокамере;

5.2. отстранять от спусков водолазов по состоянию здоровья, а также в случае наличия признаков алкогольного опьянения и его последствия или последствий применения наркотиков;

5.3. запрещать водолазный спуск при наличии в сжатом воздухе вредных веществ более допустимых величин;

5.4. назначать необходимые режимы декомпрессии водолазов и режимы лечебной рекомпрессии;

5.5. определять максимально допустимое время работы водолазов под водой при использовании снаряжения с открытой, полужамкнутой и замкнутой схемами дыхания, а также время нахождения водолазов вблизи барокамеры и на плавсредстве после окончания лечебной рекомпрессии;

5.6. контролировать режимы труда, отдыха и питания водолазов.

6. Водолазный врач (фельдшер) несет ответственность:

6.1. за допуск водолазов по состоянию здоровья к спускам под воду и к тренировочным спускам водолазов и медицинского персонала в барокамере;

6.2. за оказание медицинской помощи при специфических и неспецифических заболеваниях водолазов и травмах, в том числе в барокамерах под давлением до 100 м вод.ст.;

6.3. за укомплектованность водолазных аптечек и набора водолазного врача необходимыми медикаментами и имуществом;

6.4. за санитарное состояние водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков;

6.5. за проверку качества сжатого воздуха;

6.6. за отработку водолазным составом практических навыков по оказанию помощи пострадавшему водолазу под водой;

6.7. за санитарное состояние помещений водолазных станций и прилегающих к ним территорий;

6.8. в установленном Законом РФ порядке за противоправные действия или бездействия, повлекшие за собой ущерб здоровью или смерть пациента.

Министерство (ведомство)

Предприятие (организация, учреждение)

**ЖУРНАЛ МЕДИЦИНСКИХ ОПРОСОВ
И ОСМОТРОВ ВОДОЛАЗОВ**

Подразделение (плавсредство)

Водолазная станция № _____

Начат “ ____ ” _____ г.

Окончен “ ____ ” _____ г.

Примечание. Формат журнала должен быть 210 х 297 мм (переплет плотный)

ДОЛЖНОСТЬ

д/с — до спуска, п/с — после спуска
Примечание. Текст печатается на 50 листах с оборотом.

Инструкция по ведению журнала

1. Журнал медицинских опросов и осмотров водолазов является официальным документом. Он должен вестись на водолазной станции.

2. Листы журнала должны быть пронумерованы, прошнурованы и скреплены печатью администрации предприятия (организации) — владельца водолазной станции.

3. Ведет журнал и отвечает за правильность и своевременность записей водолазный врач (фельдшер), а при его отсутствии — старшина (бригадир) водолазной станции.

4. Все записи в журнале делаются аккуратно чернилами или шариковой авторучкой без использования черновых журналов и отдельных листов.

5. На каждого водолаза отводится по 1 странице. После полного ее заполнения данному водолазу отводится другая, чистая страница журнала.

6. В графе «Примечание» в случае заболевания водолаза после спуска ставится диагноз, делается отметка о проведении лечебной рекомпрессии или иного вида лечения.

7. Журнал медицинских опросов и осмотров хранится у администрации предприятия (организации, учреждения), проводящего водолазные работы, в течение 15 лет.

Министерство (ведомство)

Предприятие (организация, учреждение)

**ЖУРНАЛ АНАЛИЗОВ ВОЗДУХА,
ДЫХАТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ,
ПОГЛОТИТЕЛЬНЫХ И РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Подразделение (плавсредство)

Водолазная станция № _____

Начат " ____ " _____ г.

Окончен " ____ " _____ г.

Примечание. Формат журнала должен быть 210 х 297 мм (переплет плотный)

Инструкция по ведению журнала

1. Журнал анализов воздуха (на содержание углекислого газа и вредных веществ) дыхательных газовых смесей (40 %-ной кислородно-азотной смеси и др. - на содержание кислорода), поглотительных веществ (ХП-И и др. - на насыщенность углекислым газом) и регенеративных веществ (О-3 и др. — на насыщенность углекислым газом и кислородом) является официальным документом. Он должен вестись на водолазной станции.

2. Листы журнала должны быть пронумерованы, прошнурованы и скреплены печатью администрации предприятия (организации) — владельца водолазной станции.

3. Ответственность за правильность и своевременность записей в журнале несет старшина (бригадир) водолазной станции.

4. Все записи в журнале чернилами или шариковой авторучкой делает лицо, проводившее анализы воздуха.

5. Анализы воздуха, ДГС, поглотительных и регенеративных веществ проводятся на объекте водолазных работ с использованием соответствующих методик.

6. Журнал анализов хранится у администрации предприятия (организации, учреждения), проводящего водолазные работы, в течение 15 лет.

Министерство (ведомство)

Предприятие (организация, учреждение)

ЖУРНАЛ ПРОТОКОЛОВ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ

Подразделение (плавсредство)

Водолазная станция № ____

Начат " ____ " _____ г.

Окончен " ____ " _____ г.

Примечание. Формат журнала должен быть 210 x 297 мм (переплет плотный). В журнале должно быть 50 стандартных протоколов.

ПРОТОКОЛ №

ВОДОЛАЗНОГО СПУСКА ОТ "_____" _____ Г.
НА ГЛУБИНУ _____ М

Цель спуска: _____

Спускающиеся водолазы: 1. _____
2. _____

Руководитель спуска

Ответственный за медицинское обеспечение

Проведена рабочая проверка водолазного снаряжения, подготовлены средства обеспечения водолазного спуска, анализ воздуха (ДГС) произведен, водолаз допущен к спуску по состоянию здоровья.

Расчетное время пребывания и работы водолазов на грунте мин.

Режим декомпрессии выбран для глубины _____ м с экспозицией на
грунте _____ мин таблицы режимов декомпрессии для спусков с ис-
пользованием для дыхания _____.

[illegible]

Инструкция по ведению журнала

1. Журнал протоколов водолазных спусков является официальным документом. Он должен вестись на водолазной станции в случае медико-санитарного обеспечения водолазных спусков водолазным врачом или фельдшером. При их отсутствии лицо водолазного состава, осуществляющее медико-санитарное обеспечение водолазных спусков, может делать основные записи хода водолазного спуска в Журнале водолазных работ. В этом случае Журнал протоколов водолазных спусков должен заполняться только при возникновении аварийной ситуации или с начала оказания помощи заболевшему (пострадавшему) водолазу.

2. Листы журнала должны быть пронумерованы, прошнурованы и скреплены печатью администрации предприятия (организации) — владельца водолазной станции.

3. Все записи в журнале делаются аккуратно чернилами или шариковой авторучкой без использования черновых журналов и отдельных листов.

4. В случае, когда для ведения протокола не хватает места, следует продолжить записи в очередном протоколе водолазного спуска, аккуратно перечеркнув заключительную часть одного и начальную часть другого протокола, после чего пишется: «Продолжение протокола № ...».

5. В таблице регистрируется время закрытия иллюминаторов (или включения водолазов на дыхание в аппараты), начала погружения под воду, самочувствия водолазов в различные периоды спуска, данные проверки на герметичность, время достижения грунта и начала выполнения работы, характер работы, подаваемые команды и действия водолазов, начало подъема с грунта, глубины остановок и время выдержек на них под водой и в декомпрессионной камере (в случае ее использования), время окончания водолазного спуска.

6. Протокол спуска ведется также при проведении лечебной рекомпрессии. При этом в хронологическом порядке регистрируется ход ее проведения.

7. Журнал протоколов хранится у администрации предприятия (организации, учреждения), проводящего водолазные работы, в течение 15 лет.

ВОДОЛАЗНАЯ АПТЕЧКА И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

1. Водолазная аптечка (табл. 1) представляет собой специально подобранный комплект медикаментов, перевязочных материалов и инструментов, необходимых для оказания первой медицинской помощи. Содержимое аптечки размещается в двух футлярах для аптечки, предназначенной для транспортных средств (приложение № 2 к приказу Минздравмедпрома России от 20.08.96 г., № 325, ТУ 64-7-130-79). В одном футляре размещаются медикаменты, в другом — перевязочный материал и инструменты.

Таблица 1. Опись водолазной аптечки

Наименование	Количество
Медикаменты для внутреннего употребления	
1. Анальгин в таблетках по 0,5 г, шт.	10 (1 конверт)
2. Аскорбиновая кислота в драже по 0,05 г, шт.	50 (1 флакон)
3. Ацетилсалициловая кислота (аспирин) в таблетках по 0,5 г, шт.	10 (1 конверт)
4. Валидол в таблетках по 0,06 г, шт.	10 (1 металлическая пробирка)
5. Валериана — экстракт в таблетках по 0,02 г, шт.	50 (1 флакон)
6. Корвалол, мл	20 (1 флакон)
7. Нитроглицерин в таблетках по 0,0005 г, шт.	10 (1 стеклянная трубка)
8. Тусупрекс в таблетках по 0,01 г, шт.	30 (1 конверт)
Медикаменты для наружного употребления	
1. Альбуцид-натрий, 20 %-ный раствор в тюбиках-капельницах по 2 мл, шт.	2
2. Йод, 5 %-ный спиртовой раствор в ампулах по 1 мл, шт.	10 (1 упаковка)
3. Калия перманганат, г	3 (1 стеклянная трубка)
4. Клей БФ-6, г	15 (1 флакон)
5. Нашатырный спирт по 1 мл в ампулах, шт.	6 (1 упаковка)
6. Нафтизин, 0,1 %-ный раствор, мл	10 (1 флакон)
7. Перекись водорода, 3 %-ный раствор, мл	50 (2 флакона)
8. Олазол	1 флакон
9. Левовинизоль	1 флакон
10. Линимент 5 %-ного синтомицина, г	25 (1 стеклянная банка)
11. Линимент 1 %-ного синтомицина с 0,5 %-ным новокаином, г	25 (1 стеклянная банка)

Перевязочный материал	
1. Индивидуальный перевязочный пакет, шт.	2
2. Бинт марлевый стерильный 0,1 х 0,5 м, шт.	2
3. Бинт марлевый стерильный 0,05 х 7 м, шт.	2
4. Салфетки марлевые стерильные малые, пакеты, шт.	1
5. Вата компрессная 50 г, упаковка	1
6. Шина сетчатая, шт.	1
7. Косынка большая, шт.	1
8. Лейкопластырь 0,02 х 5 м, шт.	1
Инструментарий и прочее имущество	
1. Роторасширитель, шт.	1
2. Ножницы прямые, шт.	1
3. Нож острый, длина лезвия 5-6 см, шт.	1
4. Жгут кровоостанавливающий, шт.	1
5. Термометр, шт.	1
6. Грелка резиновая, шт.	2
7. Пипетка глазная, шт.	1
8. Воздуховод «изо рта в рот», шт.	2
9. Стетоскоп	1
10. Тонометр механический	1
11. Одноразовые шприцы	30
12. Опись и инструкция по использованию аптечки	1

2. Инструкция по использованию содержимого водолазной аптечки приведена в табл. 2.

Таблица 2. Инструкция по использованию водолазной аптечки

Наименование	Указание по применению
Медикаменты для внутреннего применения	
1. Анальгин	Применять одну таблетку при болях различного происхождения – головная боль, боль в пояснично-крестцовой области, боль в мышцах (кроме боли при декомпрессионной болезни и болей в животе)
2. Аскорбиновая кислота	Применять для улучшения обменных процессов при различных заболеваниях
3. Ацетилсалициловая кислота (аспирин)	Применять при декомпрессионной болезни (см. п. 8.2.6)

4. Валидол	Применять при острой боли в области сердца. Таблетку положить под язык
5. Валериана	Применять 1 таблетку при нервном возбуждении
6. Корвалол	Применять 15-20 капель при общей слабости, боли в области сердца
7. Нитроглицерин	Применять при острой боли в области сердца в случае неэффективности валидола. Таблетку положить под язык
8. Тусупрекс	Применять 1 таблетку для снятия кашля при баротравме легких
Перевязочный материал	
1. Индивидуальный перевязочный пакет	Наложить на открытую рану
2. Бинты марлевые стерильные	Забинтовать рану, предварительно положив на нее стерильные салфетки
3. Салфетки марлевые стерильные малые	Для обработки раневой поверхности
4. Вата компрессная	Для наложения давящих повязок при кровотечении
5. Шина сетчатая	Зафиксировать место перелома кости, захватив два ближайших сустава
6. Косынка большая	Для фиксации шины на конечности
7. Лейкопластырь	Для закрепления повязок на ранах, для заклеивания осадин и царапин
Инструментарий и прочее имущество	
1. Роторасширитель	Для раскрывания рта пострадавшего. Роторасширитель заводить по щеке за последние зубы, после чего нажатием на ручки расширителя раскрыть рот
2. Ножницы прямые	Для разрезания перевязочного материала
3. Нож острый, длина лезвия 5-6 см	Для разрезания водолазной рубахи (гидрокомбинезона)
4. Жгут кровоостанавливающий	Для временной остановки кровотечения. Наложить поверх одежды на время не более 1-1,5 ч
5. Термометр	Для измерения температуры тела
6. Грелка резиновая	Для согревания или охлаждения участков тела, в зависимости от температуры заливаемой воды
7. Пипетка	Для закапывания нафтизина в нос
8. Воздуховод «изо рта в рот»	Ввести в ротовую полость для проведения искусственной вентиляции легких
9. Стетофонендоскоп	Для прослушивания органов грудной клетки и измерения артериального давления
10. Тонометр	Для измерения артериального давления по способу Короткова
11. Одноразовые шприцы	Для внутримышечного и подкожного введения лекарственных средств

НАБОР ВОДОЛАЗНОГО ВРАЧА

1. Набор водолазного врача представляет собой специально подобранный комплект инструментов, перевязочных материалов и медикаментов, необходимых для оказания неотложной медицинской помощи (ТУ 64-1-117-78), согласно табл. 1 и 2.

Таблица 1. Инструментарий и перевязочный материал

№	Наименование инструментов, перевязочных и вспомогательных материалов	Обозначение документа	Количество, шт.
1.	2.	3.	4.
1.	Интубационные трубки с манжетой пластмассовые № 28 № 33	ТУ 64-1-2963-77	1 1
2.	Катетеры цилиндрические: № 12 № 18	ТУ 38-108-180-78	1 2
3.	Иглы для выпуска воздуха ИГТ-20 x 180 1 17	ОСТ 64-1-102-73	2
4.	Скальпель остроконечный средний 150—40	ТУ 64-1-77-78	2
5.	Крючок трахеостомический острый	ТУ 64-1-77-78	2
6.	Пинцет хирургический общего назначения ПХ 150 x 2,5	ТУ 64-1-37-78	1
7.	Пинцет анатомический общего назначения ПА 150 x 2,5	ТУ 64-1-37-78	1
8.	Иглодержатель длиной 160 мм	ТУ 64-1-96-77	1
9.	Ножницы с одним острым концом прямые, 140 мм	ТУ 64-1 -64-78	1
10.	Ножницы тупоконечные вертикально изогнутые по плоскости, 140 мм	ТУ 64-1-64-78	1
11.	Трубки трахеостомические: № 2 № 3	ТУ 64-1-184-79	1 1
12.	Расширитель трахеостомический	ТУ 64-205-78	1
13.	Зажим кровоостанавливающий зубчатый прямой № 1	ТУ 64-1-3220-79	2
14.	Зажим кровоостанавливающий изогнутый № 1	ТУ 64-1-3220-79	2
15.	Шелк хирургический № 6 стерильный в ампулах	ТУ 64-3/99-80	1
16.	Система для вливания кровезаменителей и инфузионных растворов однократного применения III 11-01 (комплектуется потребителем самостоятельно)	—	2

1.	2.	3.	4.
17.	Перчатки резиновые хирургические	ГОСТ 3-88с1.789	2
18*	Шприцы однократного применения с иглами инъекционными однократного применения: А-20 А-5 А-2		2 3 3
19.	Пипетка глазная	ГОСТ 1770-74	2
20.	Иглы хирургические трехгранные: ЗВ1 – 1,3 x 70 ЗВ1 – 1,1 x 36	ОСТ 64-1-100-73	3 3
21.	Стаканчик для приема лекарств	ТУ 64-2-188-77	1
22.	Жгут Эсмарха	ОСТ 38-00691-75	1
23.	Аппарат безопасной бритвы типа «Днепр-3» с 10 лезвиями	ОСТ 27-57-858-80 ТУ 27-09-1282-76	1
24.	Трубка медицинская резиновая типа 16,0 x 1,5 длиной 350 мм	ГОСТ 3399-76	1
25.	Зажим пружинящий	ТУ 64-1-964-79	1
26.	Полотенце вафельное подрубенное	ГОСТ 11027-80	1
27.	Роторасширитель с кремальной большой	ТУ 64-1-87-76	1
28.	Языкодержатель для взрослых	ТУ 64-1-86-77	1
29.	Шпатель для языка двусторонний прямой	ТУ 64-2-84-80	1
30.	Термометр медицинский максимальный стеклянный	ГОСТ 302-79	1
31.	Зонд носовой с навивкой	ТУ 64-1-4-77	1
32.	Напальчник резиновый	ГОСТ 1468-80	10
33.	Бинты из отбеленной марли стерильные: 0,07 x 5 0,10 x 5 0,14 x 7	ГОСТ 1172-75	3 3 2
34.	Ватно-марлевые подушки: 0,10 x 10 0,15 x 15 0,25 x 25	ГОСТ 22379-77	4 2 2
35.	Вата медицинская гигроскопическая, г	ГОСТ 5556-81	50
36.	Лейкопластырь 0,05 x 0,05 x 5, катушка	ФС 42-762-73	2
37.	Зонд желудочный	ТУ 38-106-157-77	1

1.	2.	3.	4.
38.	Воронка стеклянная для зонда	РТУ 764-68	1
39.	Рефлектор лобный с мягким оголовьем РМО-2	ТУ 64-1-2107-78	1
40.	Воронки ушные никелированные: № 2 № 4	ТУ 64-1-6-77	2 2
41.	Зеркало гортанное диаметром 21 мм	ТУ 64-1-5-77	1
42.	Зеркало носовое для взрослых с длиной губок 40 мм	ТУ 64-1-10-80	1
43.	Зонд ушной с навивкой	ТУ 64-1-4-78	1
44.	Ларингоскоп с прямым рифленным клинком	ТУ 64-1-944-77	1
45.	Стетоскоп СТФ-03	ТУ 64-1-3361-79	1
46.	Измеритель артериального давления ИЛДМ-ОП		1

* Могут использоваться шприцы и иглы многократного применения, которые после стерилизации хранятся в спирте в металлических футлярах (футляр ПМ-20, КП-5, КП-2).

Таблица 2. Медикаменты

№	Наименование	Вид упаковки	Количество препарата в упаковке	Количество упаковок
1.	Викасол, 1 %-ный раствор	Ампула	1 мл	2
2.	Глюкоза, 40 %-ный раствор	— " —	20 мл	2
3.	Глюкоза, 25 %-ный раствор	— " —	20 мл	2
4.	Кальция хлорид, 10 %-ный раствор	— " —	10 мл	2
5.	Лидокаин, 0,5 %-ный раствор	— " —	10 мл	2
6.	Магния сульфат, 25 %-ный раствор	— " —	10 мл	2
7.	Натрия хлорид, 0,9 %-ный раствор	— " —	10 мл	2
8.	Новокаин, 0,5 %-ный раствор	— " —	5 мл	5
9.	Новокаиномид, 10 %-ный раствор	— " —	5 мл	2
10.	Унитиол, 5 %-ный раствор	— " —	5 мл	2
11.	Эуфиллин, 2,4 %-ный раствор	— " —	10 мл	2
12.	Адреналина гидрохлорид, 0,1 %-ный раствор	— " —	1 мл	3
13.	Аминазин, 2,5 %-ный раствор	— " —	2 мл	4

14.	Анальгин, 50 %-ный раствор	—"	1 мл	3
15.	Атропина сульфат, 0,1 %-ный раствор	—"	2 мл	4
16.	Барбитал, 5 %-ный раствор	—"	5 мл	2
17.	Баралгин	—"	5 мл	2
18.	Витамин С (аскорбинат натрия), 5 %-ный раствор	—"	1 мл	4
19.	Гепарин (5000 ед. в 1 мл)	Флакон	5 мл	4
20.	Гидрокортизона гемисукцинат 0,025 г	—"	1 мл	4
21.	Дибазол, 1 %-ный раствор	—"	1 мл	4
22.	Димедрол, 1 %-ный раствор	—"	1 мл	2
23.	Коргликон, 0,06 %-ный раствор	—"	1 мл	3
24.	Кордиамин, раствор	Ампула	2 мл	3
25.	Кофеин-бензоат натрия, 10 %-ный раствор	—"	1 мл	3
26.	Мезатон, 1 %-ный раствор	—"	1 мл	4
27.	Морфина гидрохлорид, 1 %-ный раствор	—"	1 мл	3
28.	Но-шпа, 2 %-ный раствор	—"	2 мл	2
29.	Норадреналина гидрохлорид, 0,2 %-ный раствор	—"	1 мл	5
30.	Оmnopон, 2 %-ный раствор	—"	1 мл	3
31.	Папаверина гидрохлорид, 2 %-ный раствор	—"	2 мл	3
32.	Промедол, 2 %-ный раствор	—"	1 мл	3
33.	Пентамин, 5 %-ный раствор	—"	1 мл	2
34.	Преднизолон, 30 мг	—"	1 мл	3
35.	Строфантин, 0,05 %-ный раствор	—"	1 мл	4
36.	Седуксен, 0,5 %-ный раствор	—"	2 мл	2
37.	Супрастин, 2 %-ный раствор	—"	1 мл	2
38.	Сульфокамфокаин, 10 %-ный раствор	—"	2 мл	2
39.	Фуросемид (лазикс), 1 %-ный раствор	—"	2 мл	2
40.	Этимизол, 1,5 %-ный раствор	—"	1 мл	4
41.	Эфедрина гидрохлорид, 5 %-ный раствор	—"	1 мл	3
42.	Ацетилсалициловая кислота (аспирин), 0,5 г	Конвалюта	10 табл.	3

43.	Борная кислота, 3 %-ный спиртовой раствор	Флакон	10 мл	1
44.	Валидол 0,06 г	Металлический флакон	5 табл.	1
45.	Йод, 5 %-ный спиртовой раствор	Ампула	1 мл	10
46.	Калия перманганат	Стекло- нный флакон	3 г	2
47.	Кодтерпин	Конва- люта	6 табл.	1
48.	Масло вазелиновое	Флакон	20 мл	1
49.	Нитроглицерин 0,0005 г	Стекло- нный флакон	10 табл.	1
50.	Нашатырный спирт	Ампула	1 мл	6
51.	Перекись водорода, 3 %-ный раствор	Стекло- нный флакон	50 мл	3
52.	Спирт этиловый 96 %	— " —	50 мл	1
53.	Тусупрекс 0,01 г	Конва- люта	30 табл.	1
54.	Экстракт валерианы 0,02 г	Стекло- нный флакон	50 шт.	1
55.	Вода дистиллированная	Флакон	75 мл	1
56.	Олазол	— " —	75 мл	1
57.	Левовинизоль	— " —	75 мл	1

Примечание. В металлическом сейфе на здравпункте должны храниться препараты: кодтерпин в таблетках в количестве 6 шт.; морфина гидрохлорид, 1 %-ный раствор - 1 мл в ампулах в количестве 3 шт.; омнопон, 2 %-ный раствор — 1 мл в ампулах в количестве 3 шт.; промедол, 2 %-ный раствор — 1 мл в ампулах в количестве 3 шт.; эфедрина гидрохлорид, 5 %-ный раствор — 1 мл в ампулах в количестве 3 шт.

По требованию врача препараты из ящика в барокамеру передает лицо, допущенное к медицинскому обеспечению водолазов и знающее правила асептики и антисептики.

УЧЕТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ЗАБОЛЕВАНИЯМ ВОДОЛАЗОВ И НЕСЧАСТНЫМ СЛУЧАЯМ

Порядок учета и расследования заболеваний водолазов и несчастных случаев, оформления и представления учетной документации

1. Под острым профессиональным заболеванием (отравлением) понимается заболевание, являющееся, как правило, результатом однократного (в течение не более одного рабочего дня, одной рабочей смены) воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов) при выполнении им трудовых обязанностей или производственной деятельности по заданию организации или индивидуального предпринимателя, повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности. Хроническое профессиональное заболевание (отравление) является результатом длительного воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов).

2. Предварительный диагноз острого профессионального заболевания или производственно-обусловленного специфического или неспецифического заболевания водолаза может быть установлен водолазным врачом с последующим оформлением региональной водолазной клинико-экспертной комиссией (ВКЭК). Предварительный диагноз хронического заболевания устанавливается ВКЭК.

3. При установлении предварительного диагноза — острое профессиональное заболевание (отравление, специфическое или неспецифическое заболевание водолаза, водолазного врача или других лиц, работающих в условиях повышенного давления) — водолазный врач (фельдшер) здравпункта (или иное лицо, обеспечивающее пребывание персонала в условиях повышенного давления) обязан в течение суток оформить и направить «Экстренное извещение об инфекционном заболевании, пищевом, остром профессиональном отравлении, необычной реакции на прививку и остром заболевании водолаза» в центр Госсанэпиднадзора, осуществляющий надзор за объектом, на котором возникло заболевание, и в ЦВКЭК.

При установлении предварительного диагноза — хроническое профессиональное заболевание (отравление) — извещение о профессиональном заболевании работника в 3-дневный срок направляется в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Одновременно с извещением сообщение по форме, утвержденной Минздравом России, направляется работодателю.

4. Учреждение здравоохранения на основании клинических данных и полученной от центра Госсанэпиднадзора санитарно-гигиенической характеристики условий его труда устанавливает заключительный диагноз острого профессионального заболевания (отравления) и составляет медицинское заключение.

Учреждение здравоохранения, установившее предварительный диагноз хронического заболевания (отравления), в месячный срок должно направить больного на амбулаторное или стационарное обследование в специализированное лечебно-профилактическое учреждение — ЦВКЭК, центр профессиональной патологии, клинику или отдел профессиональных заболеваний медицинских научных организаций клинического профиля (далее именуется — центр профессиональной патологии). При этом представляются следующие документы: выписка из медицинской карты амбулаторного (или) стационарного больного, сведения о результатах предварительного (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров, санитарно-гигиеническая характеристика условий труда, копия трудовой книжки. Центр профессиональной патологии устанавливает заключительный диагноз - хроническое профессиональное заболевание (в том числе, возникшее спустя длительный срок после прекращения работы в контакте с вредными веществами или производственными факторами), составляет медицинское заключение и в 3-дневный срок направляет соответствующее извещение в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, работодателю, страховщику и в учреждение здравоохранения, направившее больного.

Медицинское заключение о наличии профессионального заболевания выдается работнику под расписку и в учреждение здравоохранения, направившее больного.

5. Работодатель в течение 10 дней с даты получения извещения об установлении заключительного диагноза профессионального заболевания образует комиссию по расследованию обстоятельств и причин возникновения у работника профессионального заболевания. Комиссия возглавляется главным врачом центра Госсанэпиднадзора, в состав комиссии входят представитель работодателя, специалист по охране труда (или назначенное работодателем лицо, ответственное за организацию работы по охране труда), представитель учреждения здравоохранения, профсоюзного или иного уполномоченного работниками представительного органа. В расследовании могут принять участие другие специалисты. Работник имеет право на личное участие в расследовании возникшего у него профессионального заболевания. По его требованию в расследовании может принять участие его доверенное лицо.

По результатам расследования в 3-дневный срок после ее окончания комиссия составляет «Акт о случае профессионального заболевания», который является документом, устанавливающим профессиональный характер заболевания, возникшего у работника на данном производстве. Акт составляется в 5 экземплярах, предназначенных для работника, работодателя, центра Госсанэпиднадзора, центра профессиональной патологии (учреждения здравоохранения) и страховщика.

Акт о случае профессионального заболевания вместе с материалами расследования хранится в течение 75 лет в центре Госсанэпиднадзора и в организации, где проводилось расследование этого случая профессионального заболевания. В случае ликвидации организации акт передается в центр Госсанэпиднадзора.

6. Расследованию и учету как несчастные случаи на производстве подлежат: травма, в том числе полученная в результате нанесения телесных повреждений другим лицом, острое отравление, тепловой удар, ожог, обморожение, утопление, поражение электрическим шоком, молнией, излучением, укусы насекомых и пресмыкающихся, телесные повреждения, нанесенные животными, повреждения в результате взрывов, аварий, разрушений зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных повреждений, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату трудоспособности или его смерть.

7. О каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, пострадавший или очевидец несчастного случая извещает непосредственного руководителя работ, который обязан:

- немедленно организовать первую помощь пострадавшему и при необходимости доставку его в учреждение здравоохранения;
- сообщить работодателю или лицу им уполномоченному о происшедшем несчастном случае;
- принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующего фактора на других лиц;
- сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия (если это не угрожает жизни и здоровью других людей и не приведет к аварии). В случае невозможности ее сохранения следует зафиксировать сложившуюся обстановку (схемы, фотографии и т.п.).

8. Для расследования несчастного случая на производстве работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее 3 человек. В состав комиссии включаются специалист по охране труда (или лицо, назначенное приказом работодателя ответственным за организацию работы по охране труда), представитель работодателя, профсоюзного органа или иного уполномоченного работниками представительного органа. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченное им лицо. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

На судне при его нахождении в российских территориальных водах или в заграничном плавании для расследования несчастного случая формируется комиссия из представителей командного состава, судовой профсоюзной организации, а при ее отсутствии - из представителей команды. Комиссию возглавляет капитан судна. Состав комиссии утверждается приказом капитана судна.

По результатам расследования несчастного случая составляется акт по форме Н-1.

9. При групповом несчастном случае на производстве (2 и более человек), тяжелом несчастном случае на производстве, несчастном случае на производстве со смертельным исходом работодатель или уполномоченное им лицо по форме «Сообщения о групповом несчастном случае на производстве, тяжелом несчастном случае на производстве,

несчастном случае на производстве со смертельным исходом» в течение суток обязан сообщить:

1) о несчастном случае, происшедшем в организации:

- в государственную инспекцию труда по субъекту Российской Федерации;
- в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- в организацию, направившую работника, с которым произошел несчастный случай;
- в территориальное объединение профсоюзов;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный произошел в организации (на объекте), подконтрольной этому органу;

2) о несчастном случае, происшедшем у индивидуального предпринимателя:

- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации (на объекте), подконтрольной этому органу;

3) о несчастном случае, происшедшем на судне - работодателю (судовладельцу), а при нахождении в заграничном плавании - также в соответствующее консульство Российской Федерации.

Судовладелец при получении от капитана судна сообщения о несчастном случае, происшедшем на судне, обязан сообщить об этом:

а) если несчастный случай произошел на судне морского транспорта:

- в государственную инспекцию по охране труда на водном транспорте по соответствующему бассейну;
- в транспортную прокуратуру;
- в Министерство транспорта Российской Федерации;
- в территориальный орган Федерального надзора России по ядерной и радиационной безопасности, если несчастный случай произошел на ядерной энергетической установке судна или при перевозке ядерных материалов, радиоактивных веществ и отходов;
- в территориальное объединение профсоюзов;

б) если несчастный случай произошел на судне рыбопромыслового флота:

- в государственную инспекцию труда по субъекту Российской Федерации;
- в прокуратуру по месту регистрации судна;
- в Государственный комитет Российской Федерации по рыболовству;
- в территориальное объединение профсоюзов.

10. О случаях острого отравления работодатель или уполномоченное им лицо сообщают также в территориальный орган санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации.

11. Для расследования группового несчастного случая на производ-

стве, тяжелого несчастного случая на производстве, несчастного случая на производстве со смертельным исходом:

- в комиссию, кроме лиц, указанных в п. 6 настоящего документа, включаются государственный инспектор по охране труда, представители органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения профсоюзов. Работодатель образует комиссию и утверждает ее состав, возглавляет комиссию государственный инспектор по охране труда;

- по требованию пострадавшего (в случае смерти пострадавшего - его родственников) в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо. В случае, если доверенное лицо не участвует в расследовании, работодатель или председатель комиссии обязаны по требованию доверенного лица ознакомить его с материалами расследования;

- в случае острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, в состав комиссии включается также представитель органа санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации;

- если несчастный случай явился следствием нарушений в работе, влияющих на обеспечение ядерной, радиационной и технической безопасности на объектах использования атомной энергии, в состав комиссии включается также представитель территориального органа Федерального надзора России по ядерной и радиационной безопасности;

- при несчастном случае, происшедшем в организациях и на объектах, подконтрольных органам Федерального горного и промышленного надзора России, состав комиссии утверждается руководителем соответствующего территориального органа, и возглавляет комиссию представитель этого органа;

12. При групповом несчастном случае с числом погибших 5 и более человек в состав комиссии включаются также представители Федеральной инспекции труда при Министерстве труда и социального развития Российской Федерации, федерального органа исполнительной власти по ведомственной принадлежности и общероссийского объединения профсоюзов. Председателем комиссии является главный государственный инспектор по охране труда по субъекту Российской Федерации, а на объектах, подконтрольных территориальному органу Федерального горного и промышленного надзора России, — руководитель этого территориального органа. На судне состав комиссии формируется Министерством транспорта Российской Федерации или Государственным комитетом Российской Федерации по рыболовству в соответствии с принадлежностью судна.

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством Российской Федерации.

13. При групповом несчастном случае на производстве, тяжелом несчастном случае на производстве, несчастном случае на производстве со смер-

тельным исходом в дополнение к акту по форме Н-1 по результатам расследования комиссия составляет «Акт о расследовании группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая на производстве, несчастного случая на производстве со смертельным исходом».

14. Результаты расследования каждого несчастного случая рассматриваются работодателем с участием профсоюзного либо иного уполномоченного работниками представительного органа для принятия соответствующих решений, направленных на профилактику и предупреждение несчастных случаев на производстве.

15. По окончании временной нетрудоспособности пострадавшего работодатель обязан направить в государственную инспекцию труда по субъекту Российской Федерации, а в соответствующих случаях - в территориальный орган государственного надзора «Сообщение о последствиях несчастного случая на производстве».

Ниже приведены формы учетной документации.

Код формы по ОКУД _____
Код учреждения по ОКПО _____

Министерство здравоохранения
Российской Федерации
Наименование учреждения

Медицинская документация
Форма № 058/у
Утв. Минздравом СССР
04.10.80 г. № 1030

ЭКСТРЕННОЕ ИЗВЕЩЕНИЕ
об инфекционном заболевании, пищевом,
остром профессиональном отравлении,
необычной реакции на прививку и остром заболевании водолаза

1. Диагноз _____
(подтвержден лабораторно: да, нет — подчеркнуть)
2. Фамилия, имя, отчество _____
3. Пол _____ 4. Возраст _____
5. Адрес, населенный пункт _____ район _____
улица _____ дом № _____
кв. № _____
(индивидуальная, коммунальная, общежитие — вписать)
6. Наименование и адрес места работы (учебы) _____
7. Даты:
заболевания _____
первичного обращения (выявления) _____
установления диагноза _____
госпитализации _____
8. Место госпитализации _____
9. Если отравление — указать, где оно произошло, чем отравлен пострадавший _____
10. Проведенные первичные противоэпидемические, профилактические, лечебные мероприятия и дополнительные сведения _____
11. Дата и час первичной сигнализации (по телефону и пр.) в СЭС*
Фамилия сообщившего _____
Кто принял сообщение _____
12. Дата и час отсылки извещения _____
Подпись пославшего извещение _____
Регистрационный № _____ в журнале ф. № _____ центра госсан-
эпиднадзора.
Подпись получившего извещение _____

Составляется медработником, выявившим при любых обстоятельствах инфекционное заболевание, острое заболевание водолаза, пищевое отравление, острое профессиональное отравление или подозревающим их, а также при изменении диагноза.

Посылается в санэпидстанцию* по месту выявления больного не позднее 12 ч с момента обнаружения больного и оказания ему первой медицинской помощи.

В случае сообщения об изменении диагноза в п. 1 извещения указывается измененный диагноз, дата его установления и первоначальный диагноз.

Извещение составляется также на случаи укусов, оцарапывания, ослюнения домашними или дикими животными, которые следует рассматривать как подозрение на заболевание бешенством.

* СЭС (санэпидстанции) реорганизованы в центры Госсанэпиднадзора.

СООБЩЕНИЕ
о групповом несчастном случае на производстве, тяжелом несчастном
случае на производстве, несчастном случае на производстве
со смертельным исходом

1. _____
(Наименование организации и ее ведомственная принадлежность — при наличии,
фамилия, имя, отчество индивидуального предпринимателя и его
регистрационные данные, вид производства, адрес, телефон, факс)

2. _____
(Дата, время (местное), выполнявшаяся работа, краткое описание места
происшествия и обстоятельств, при которых произошел несчастный случай)

3. _____
(Число пострадавших, в том числе погибших - при наличии)
4. _____
(Фамилия, отчество, возраст, профессия (должность) пострадавшего (их),
в том числе погибшего (их))

5. _____
(Фамилия, имя, отчество лица, передавшего сообщение о несчастном случае)

Примечания:

1. Сообщение передается в течение одних суток в организации, предусмотренные в пунктах 5 и 6 Положения о расследовании и учете несчастных случаев на производстве, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 1999 г. № 279.
2. Сообщение может передаваться по телефону, факсом, телеграфом и другими имеющимися средствами связи.

Приложение
к Положению о расследовании и учете
профессиональных заболеваний
(утвержденному Постановлением
Правительства Российской Федерации
от 15 декабря 2000 г. № 967)

УТВЕРЖДАЮ

Главный врач Центра государственного
санитарно-эпидемиологического надзора

(административная территория)

(Ф.И.О., подпись)

« ____ » _____ год

Печать

АКТ
о случае профессионального заболевания
от « ____ » _____ года

1. _____

(фамилия, имя, отчество и год рождения пострадавшего)

2. Дата направления извещения _____

(наименование лечебно-профилактического учреждения, юридический адрес)

3. Заключительный диагноз _____

4. Наименование организации _____

(полное наименование, отраслевая принадлежность, форма собственности,
юридический адрес, коды ОКПО, ОКОНХ)

5. Наименование цеха, участка, производства _____

6. Профессия, должность _____

7. Общий стаж работы _____

8. Стаж работы в данной профессии _____

9. Стаж работы в условиях воздействия вредных веществ и неблаго-
приятных производственных факторов _____

(виды фактически выполняемых работ в особых условиях, не указанных в трудовой
книжке, вносятся с отметкой «со слов работающего»)

10. Дата начала расследования _____
Комиссией в составе председателя _____ и
(Ф.И.О., должность)

членов комиссии _____
(Ф.И.О., должность)

проведено расследование случая профессионального заболевания _____
(диагноз)

и установлено: _____

11. Дата (время заболевания) _____
(заполняется при остром профессиональном заболевании)

12. Дата и время поступления в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора извещения о случае профессионального заболевания или отравления _____

13. Сведения о трудоспособности _____
(трудоспособен на своей работе, утратил трудоспособность, переведен на другую работу, направлен в учреждение государственной службы медико-социальной экспертизы)

14. Профессиональное заболевание, выявленное при медицинском осмотре, при обращении (нужное подчеркнуть) _____

15. Имелось ли у работника ранее установленное профессиональное заболевание, направлялся ли в центр профессиональной патологии (к врачу-профпатологу) для установления профессионального заболевания _____

16. Наличие профессиональных заболеваний в данном цехе, участке, производстве или (и) профессиональной группе _____

17. Профессиональное заболевание возникло при обстоятельствах и условиях: _____

(дается полное описание конкретных фактов несоблюдения технических регламентов, производственного процесса, нарушения транспортного режима, эксплуатации технологического оборудования, приборов, рабочего инструментария; нарушения режима труда, аварийной ситуации, выхода из строя защитных средств, освещения; несоблюдения правил техники безопасности; производственной санитарии; несовершенства технологии, механизмов, оборудования, рабочего инструментария; неэффективности работы систем вентиляции, кондиционирования воздуха, защитных средств, механизмов, средств индивидуальной защиты; отсутствия мер и средств спасательного характера, приводятся сведения из санитарно-гигиенической характеристики условий труда работника и других документов)

18. Причиной профессионального заболевания или отравления послужило: длительное, кратковременное (в течение рабочей смены), однократное воздействие на организм человека вредных производственных факторов или веществ _____

(указывается количественная и качественная характеристика вредных производственных факторов в соответствии с требованиями гигиенических критериев оценки и классификации условий труда по показателю вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса)

19. Наличие вины работника (в процентах) и ее обоснование _____

20. Заключение: на основании результатов расследования установлено, что настоящее заболевание (отравление) является профессиональным и возникло в результате _____

(указываются конкретные обстоятельства и условия)

Непосредственной причиной заболевания послужило: _____

(указывается конкретный вредный производственный фактор)

21. Лица, допустившие нарушения государственных санитарно-эпидемиологических правил или иных нормативных актов: _____

(Ф.И.О. с указанием нарушенных ими положений, правил или иных актов)

22. В целях ликвидации и предупреждения профессиональных заболеваний или отравлений предлагается: _____

23. Прилагаемые материалы расследования _____

24. Подписи членов комиссии: _____

М.П.

Ф.И.О., дата

Приложение
к Положению о расследовании и учете
несчастных случаев на производстве
(утвержденному Постановлением
Правительства Российской Федерации
от 11 марта 1999 г. № 279)

УТВЕРЖДАЮ

Форма Н-1

(подпись, Ф.И.О. работодателя)

Один экземпляр направляется
пострадавшему или его
доверенному лицу

* ____ *

(дата)

Печать

А К Т № _____
о несчастном случае на производстве

1. Дата и время несчастного случая _____

(число, месяц, год и время происшествия, несчастного случая,

количество полных часов от начала работы)

2. Организация, где произошел несчастный случай _____

(наименование и адрес, отрасль)

Наименование цеха, участка _____

3. Комиссия, проводившая расследование _____

(Ф.И.О., должности и место работы членов комиссии)

4. Организация, направившая работника _____

(наименование, адрес)

5. Сведения о пострадавшем:

фамилия, имя, отчество _____

пол: мужской, женский _____

возраст _____ профессия (должность) _____

стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: _____

(число полных лет и месяцев)

6. Проведение инструктажей по охране труда

Вводный инструктаж _____

(число, месяц, год)

Инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный целевой) по профессии или виду работ, при выполнении которой произошел несчастный случай

(число, месяц, год)

Обучение по виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

(число, месяц, год)

Проверка знаний по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

(число, месяц, год)

7. Описание обстоятельств несчастного случая

Виды происшествя

Причины несчастного случая

Оборудование, использование которого привело к травме

(наименование, тип, марка, год выпуска, предприятие-изготовитель)

Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения

(да, нет, указать степень опьянения)

Медицинское заключение о повреждении здоровья

8. Лицо, допустившее нарушение государственных требований по охране труда:

(Ф.И.О. лиц с указанием нарушенных требований)

Организация, работниками которой являются данные лица

(наименование, адрес)

9. Очевидцы несчастного случая

(Ф.И.О., постоянное место жительства, домашний телефон)

10. Мероприятия и сроки по устранению причин несчастного случая

Председатель комиссии

(Ф.И.О., дата)

Члены комиссии

(Ф.И.О., дата)

Порядок оформления акта по форме Н-1 о несчастном случае на производстве и учета несчастного случая на производстве

1. По каждому несчастному случаю на производстве, вызвавшему необходимость перевода работника в соответствии с медицинским заключением на другую работу, потерю трудоспособности работником на срок не менее одного дня либо его смерть, оформляется акт о несчастном случае на производстве по форме Н-1 в 2 экземплярах на русском языке либо на русском языке и языке субъекта Российской Федерации.

При групповом несчастном случае на производстве акт по форме Н-1 составляется на каждого пострадавшего отдельно.

Если несчастный случай на производстве произошел с работником сторонней организации (индивидуального предпринимателя), то акт по форме Н-1 составляется в 3 экземплярах, 2 из которых вместе с материалами расследования несчастного случая и актом расследования направляются работодателю, работником которого является (являлся) пострадавший. 3-й экземпляр акта по форме Н-1 и материалы расследования остаются у работодателя, где произошел несчастный случай.

2. В акте по форме Н-1 должны быть подробно изложены обстоятельства и причины несчастного случая на производстве, а также указаны лица, допустившие нарушение требований по охране труда.

Содержание акта по форме Н-1 должно соответствовать выводам комиссии, производившей расследование несчастного случая на производстве.

3. В организации и у индивидуального предпринимателя акт по форме Н-1 подписывается членами комиссии, утверждается работодателем или лицом, им уполномоченным, и заверяется печатью.

На судне:

а) акт по форме Н-1 утверждается капитаном судна и заверяется судовой печатью;

б) при групповом несчастном случае с числом погибших 5 и более человек акт по форме Н-1 подписывается членами комиссии и капитаном судна и вместе с материалами расследования направляется работодателю (судовладельцу). Окончательное оформление акта осуществляется работодателем (судовладельцем) совместно с государственным инспектором по охране труда после рассмотрения ими всех материалов расследования несчастного случая. При согласии с выводами комиссии акт утверждается работодателем и заверяется его печатью.

4. Работодатель в 3-дневный срок после утверждения акта по форме Н-1 обязан выдать один экземпляр указанного акта пострадавшему, а при несчастном случае на производстве со смертельным исходом — родственникам погибшего либо его доверенному лицу (по требованию). 2-й экземпляр акта вместе с материалами расследования несчастного случая на производстве хранится в течение 45 лет в организации по основному (кроме совместительства) месту работы (службы, учебы) пострадавшего на момент несчастного случая на производстве.

На судах срок выдачи акта по форме Н-1 продлевается с учетом срока поступления материалов расследования несчастного случая на производстве работодателю (судовладельцу).

5. Акты по форме Н-1 регистрируются работодателем в журнале регистрации несчастных случаев по форме, установленной Министерством труда и социального развития Российской Федерации.

6. Каждый несчастный случай на производстве, оформленный актом по форме Н-1, включается в статистический отчет о временной нетрудоспособности и травматизме на производстве.

7. Акт о расследовании группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая на производстве, несчастного случая на производстве со смертельным исходом с документами и материалами расследования и копии актов по форме Н-1 на каждого пострадавшего председатель комиссии (по несчастным случаям, произошедшим на судах, - работодатель, судовладелец) в 3-дневный срок после их утверждения направляет в прокуратуру, в которую сообщалось о несчастном случае на производстве. Копии указанных документов направляются также в государственную инспекцию труда по субъекту Российской Федерации и территориальный орган государственного надзора - по несчастным случаям, произошедшим в подконтрольных им организациях (объектах).

Копии актов о расследовании групповых несчастных случаев на производстве, тяжелых несчастных случаев на производстве, несчастных случаев на производстве со смертельным исходом вместе с копиями актов по форме Н-1 на каждого пострадавшего направляются председателем комиссии в Федеральную инспекцию труда при Министерстве труда и социального развития Российской Федерации и федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности для анализа состояния и причин производственного травматизма в Российской Федерации и разработки предложений по его профилактике.

8. В государственную инспекцию труда по субъекту Российской Федерации (по ее требованию) высылаются копии актов по форме Н-1 о несчастных случаях (которые не являются групповыми и не относятся к категории тяжелых или со смертельным исходом).

Приложение
к Положению о расследовании и учете
несчастных случаев на производстве
(утвержденному Постановлением
Правительства Российской Федерации
от 11 марта 1999 г. № 279)

АКТ

о расследовании группового несчастного случая на производстве,
тяжелого несчастного случая на производстве,
несчастного случая на производстве со смертельным исходом

Расследование несчастного случая, происшедшего «___» _____ г.
в ___ ч ___ мин.

(наименование организации, вышестоящего органа, отрасли)
проведено в период с «___» _____ г. по «___» _____ г.
Лица, проводившие расследование _____

(Ф.И.О., должность, место работы)

_____ составили настоящий акт.

1. Сведения о пострадавшем (их) _____

(Ф.И.О., число, месяц и год рождения, профессия (должность) и общий стаж работы,

в том числе в данной организации, семейное положение,

состав семьи, сведения о членах семьи, находящихся на иждивении)

2. Краткая характеристика места происшествия (объекта), где произо-
шел несчастный случай _____

(описание места происшествия с указанием опасных и вредных производственных

факторов, оборудования, его типа, основных параметров, года изготовления и т.д.)

3. Обстоятельства несчастного случая _____

(описание действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем,

изложение последовательности событий и т.д.)

4. Причины, вызвавшие несчастный случай _____

(указать основные причины несчастного случая, какие требования законодательных

и иных нормативных правовых актов по охране труда нарушены)

5. Мероприятия по устранению причин несчастного случая и предупреждению повторного возникновения подобных происшествий

(указать содержание мероприятий, сроки выполнения и ответственных лиц)

6. Заключение лиц, проводивших расследование, о допущенных нарушениях законодательных и иных нормативных правовых актов с указанием лиц, их допустивших _____

7. Прилагаемые материалы расследования _____

(перечислить прилагаемые материалы)

Председатель комиссии _____

(Ф.И.О., дата)

Члены комиссии _____

(Ф.И.О., дата)

СООБЩЕНИЕ
о последствиях несчастного случая на производстве

происшедшего _____ с _____,
(Дата) (Фамилия, имя, отчество пострадавшего)
работающим (ей) (работавшим (ей)) _____
(Наименование организации, фамилия, имя, отчество индивидуального предприни-
мателя и его регистрационные данные, профессия (должность) пострадавшего)

Составлен акт о несчастном случае на производстве по форме Н-1 № _____
от _____, утвержденный _____
(Фамилия, имя, отчество, должность лица, утвердившего акт)

Последствия несчастного случая на производстве:

1. Пострадавший выздоровел; переведен на другую работу; установлен-
на инвалидность III, II, I группы; умер (нужное подчеркнуть).

2. Диагноз по листку временной нетрудоспособности или по справке
лечебного учреждения (при несчастном случае со смертельным исхо-
дом — по заключению судебно-медицинской экспертизы) _____

3. Продолжительность временной нетрудоспособности _____
рабочих дней.

Освобожден (а) от работы с « ____ » _____ года до
« ____ » _____ года.

4. Продолжительность выполнения другой
работы при переводе на нее пострадавшего _____
рабочих дней.

5. Размер пособия по временной нетрудоспособности, выплаченного
пострадавшему _____ рублей.

6. Единовременная выплата пострадавшему _____
рублей.

7. Единовременная выплата лицам, имеющим право на ее получение в
случае смерти пострадавшего _____ рублей.

8. Сумма ежемесячных выплат пострадавшему в возмещение вреда _____ рублей.

9. Сумма ежемесячных выплат лицам, имеющим право на ее получение в случае смерти пострадавшего _____ рублей.

10. Сумма оплаты дополнительных расходов, связанных с повреждением здоровья, на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию пострадавшего _____ рублей.

11. Сумма доплат до прежнего заработка при переводе пострадавшего на другую работу _____ рублей.

12. Стоимость испорченного оборудования и инструмента в результате несчастного случая на производстве _____ рублей.

13. Стоимость разрушенных зданий и сооружений в результате несчастного случая на производстве _____ рублей.

14. Сумма прочих расходов (на проведение экспертиз, исследований, оформление материалов и др.) _____ рублей.

15. Суммарный ущерб от последствий несчастного случая на производстве _____ рублей.

(Сумма строк 5-14)

16. Сведения о решении прокуратуры о возбуждении или отказе в возбуждении Уголовного дела по факту несчастного случая на производстве _____

Работодатель _____
(Фамилия, имя, отчество работодателя или лица им уполномоченного, должность, дата, подпись)

Бухгалтер _____
(Фамилия, имя, отчество, дата, подпись)

М.П.

Примечание.

В случае длительного продолжения оплаты расходов, связанных с последствиями несчастного случая на производстве, сообщение о последствиях несчастного случая на производстве направляется по истечении каждого года (до 15 января) до завершения оплаты этих расходов.

ЖУРНАЛ РЕГИСТРАЦИИ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

(Наименование организации, фамилия, имя, отчество
индивидуального предпринимателя, его регистрационные данные)

№ п/п	Дата и время происшествия, несчастного случая на производстве	Фамилия, имя, отчество пострадавшего, год рождения, общий стаж работы	Профессия (должность) пострадавшего	Место, где произошел несчастный случай на производстве	Вид происшествия, к несчастному случаю на производстве	Описание обстоятельств, при которых произошел несчастный случай на производстве	№ акта о несчастном случае на производстве по форме Н-1 и дата его утверждения	Последствия несчастного случая на производстве (количество дней нетрудоспособности, инвалидность, смертельный исход)	Принятые меры по устранению причин несчастного случая на производстве
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

МЕТОДИКА АНАЛИЗОВ ВОЗДУХА, ГАЗОВ И ДЫХАТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ НА СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОРОДА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

1. Общие сведения

Анализ воздуха, газов и газовых смесей, включая 40 % КАС, на содержание кислорода и углекислого газа может быть проведен как с помощью автоматических электронных газоанализаторов, так и вручную с помощью газоанализаторов объемного типа. Из газоанализаторов объемного типа в водолазной практике нашли применение газоанализаторы ГХП-100 (Орса - Фишера), ГОСТ 6329-74 и ГК-1 (Гемпеля), ТУ 25-11-1223-76. С помощью аппарата ГХП-100 можно определять кислород и углекислый газ, а ГК-1 — только кислород.

2. Работа на газоанализаторе ГХП-100

2.1. Устройство газоанализатора ГХП-100

Общий вид газоанализатора показан на рис. 1.

Основными частями газоанализатора являются: измерительная бюретка (3) в виде трубки с расширением в верхней части. На более узкой нижней ее части нанесены метки с ценой деления 0,2 мл. Нижним концом бюретка при помощи резиновой трубки соединена с уравнительным сосудом (5). Три поглотительные бюретки (6, 7, 8) через двухходовые краны (13) соединены с гребенкой (2). К гребенке присоединена измерительная бюретка (3), на свободном конце гребенки расположен трехходовой кран (1) с отростком или специальным штуцером, который служит для соединения бюретки с атмосферным воздухом или с анализируемой газовой смесью. Возможные положения (а, б, в, г) крана (1) указаны на схеме.

Каждая из поглотительных бюреток имеет по два сосуда, соединенных между собой стеклянной трубкой в форме буквы «У». Задние сосуды бюреток при помощи гребенки (10) сообщаются с резиновым мешочком (9), который служит для защиты реактивов от соприкосновения с атмосферным воздухом.

Для увеличения поверхности соприкосновения анализируемой газовой смеси с поглотительными растворами передние сосуды поглотительных бюреток (6, 7, 8) заполнены узкими стеклянными трубками.

2.2. Растворы и смазки:

- дистиллированная вода (ГОСТ 6709-72);
- концентрированная серная кислота (ГОСТ 4204-77);

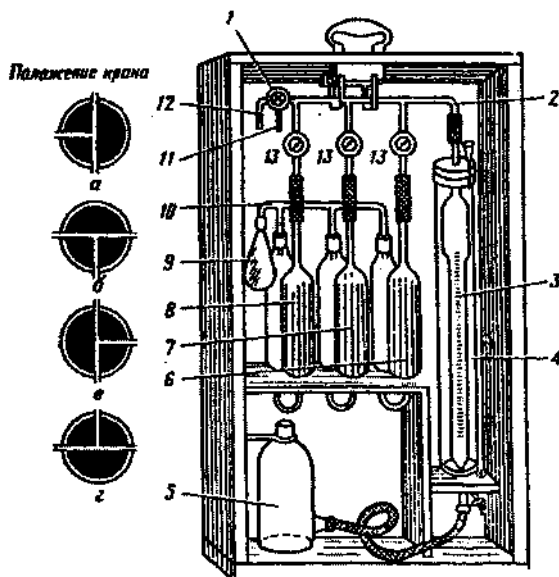


Рис. 1. Газоанализатор ГХП-100.

1 — трехходовой кран, 2 — гребенка, 3 — измерительная бюретка, 4 — цилиндр с дистиллированной водой, 5 — уравнильный сосуд, 6, 7, 8 — поглотительные бюретки, 9 — резиновый мешочек, 10 — гребенка, 11, 12 — отростки трехходового крана, 13 — двухходовые краны поглотительных бюреток

- метиленовый оранжевый индикатор (ГОСТ 10816-64), 0,1 %-ный раствор — для подкрашивания запирающей жидкости;
- раствор едкого калия, который готовят, растворяя 60—70 г едкого калия (ч.д.а. или ч., ГОСТ 2463-80) в 130-140 мл дистиллированной воды;
- раствор пирогаллола «А», который готовят, растворяя 25 г пирогаллола «А» (ГОСТ 6408-75) и 38 г едкого калия (ч.д.а. или ч.) в 180 мл дистиллированной воды;
- запирающая жидкость, в качестве которой применяют: а) 22 %-ный раствор хлористого натрия (ГОСТ 4233-77) с добавлением нескольких капель концентрированной серной кислоты или б) 10 %-ный водный раствор серной кислоты, который готовят, растворяя 5,5 мл концентрированной серной кислоты в 95 мл дистиллированной воды;
- хромовая смесь: раствор 10 г двуххромовокислого калия ($K_2Cr_2O_4$), ГОСТ 4220-75, в 190 г концентрированной серной кислоты — для промывки стеклянных частей прибора;
- смазка УН (вазелин технический).

Для поглощения углекислого газа в первой от измерительной бюретки U-образной поглотительной бюретке (6) находится раствор едкого калия. В качестве поглотителя кислорода применяется щелочной ра-

створ пирогаллола «А» в бюретке (7). Бюретка (8) заполнена 10 %-ным раствором серной кислоты для поглощения из газовой смеси аммиака.

2.3. Подготовка к анализу аппарата, полученного со склада

Все стеклянные части прибора моют хромовой смесью, представляющей собой раствор 10 г бихромата калия по ГОСТ 4220-75 в 190 г концентрированной серной кислоты. Затем хромовую смесь тщательно смывают водой. На вымытых стеклянных частях не должны задерживаться капли воды. Вместо хромовой смеси для мытья прибора может применяться также 10 %-ный раствор тринатрийфосфата.

Старую смазку с кранов снимают марлей, смоченной этиловым спиртом. Затем на пробки наносят тонкий слой смазки (вазелин или вакуумную смазку), пробку вставляют в корпус крана и осторожно притирают, вращая до тех пор, пока шлиф не станет прозрачным.

Собирают прибор и заполняют сосуды растворами реактивов. Цилиндр (4) заполняют дистиллированной водой через воронку, вставленную в отверстие пробки. Повернув кран (1) в положение «г», в уравнительный сосуд (5) наливают не менее 300 мл слегка подкрашенной запорной жидкости. Кран переводят в положение «а». В поглотительные бюретки (6, 7) через воронку наливают соответствующие поглотительные растворы на 2/3 их объема. Уровни жидкостей над поглотительными бюретками должны быть доведены до меток. При отсутствии таких меток капилляры могут быть обтянуты одним витком ниток, удобство которых состоит в возможности регулировки (подгонки под уровень жидкости перед началом каждого анализа). Для подъема уровня жидкости до метки поглотительная бюретка, в которой должен быть поднят уровень раствора, поворотом ее крана (13) соединяется с измерительной бюреткой. Медленным опусканием уравнительного сосуда (5) в бюретке создают разрежение, благодаря чему уровень раствора в ней будет подниматься и дойдет до метки, после чего кран (13) закрывают.

После установления менисков во всех бюретках кран (1) ставят на соединение с наружным воздухом (положение «г») и, поднимая уравнительный сосуд, подводят мениск запертой жидкости к верхнему концу бюретки (3). Краны и соединения проверяют на герметичность: после закрытия крана (1) (положение «а») при нахождении уравнительного сосуда в нижнем положении уровни растворов и запирающей жидкости в бюретке должны оставаться постоянными.

2.4. Порядок проведения анализа

2.4.1. Перед каждым первым в течение дня анализом сжатого воздуха или ДГС должен быть сделан контрольный анализ окружающего атмосферного воздуха. Для этого кран 1 ставится в положение «б» или «г». Опуская уравнительный сосуд, бюретку (3) заполняют окружающим воздухом и выпускают его в атмосферу. Это делается дважды для того, чтобы во всей системе была однородная газовая среда — окружающий атмос-

ферный воздух. Во время третьего забора 100 мл воздуха уравнильный сосуд держат около измерительной бюретки, следя за тем, чтобы жидкость в уравнильном сосуде и в бюретке находилась на одном уровне. Кран (1) ставится в положение «а» готовности к анализу.

Последующий забор пробы сжатого воздуха или ДГС для анализа производится таким же образом. Однако предварительно к отростку (11) трехходового крана присоединяется футбольная камера с воздухом (ДГС). Газ забирается при положении крана «в», а выпускается в атмосферу в положении «г». При этом во избежание создания в измерительной бюретке даже незначительного избыточного или пониженного давления по сравнению с окружающим после 3-го забора 100 мл пробы при удержании одинакового уровня жидкости в уравнильном сосуде и бюретке кратковременно переводят кран (1) из положения «в» в положение «г», после чего кран ставят в положение «а» для анализа, а ниппель футбольной камеры пережимают для проведения повторного анализа.

Анализ воздуха (ДГС) во всех случаях следует начинать с определения углекислого газа (кислотных компонентов).

2.4.2. Поглощение углекислого газа. Для поглощения анализируемый воздух из измерительной бюретки вытесняется в поглотительную бюретку со щелочью (6). Для этого поднимают уравнильный сосуд (5) до середины аппарата, открывают кран (13) бюретки (6) и поднимают уравнильный сосуд до тех пор, пока жидкость в измерительной бюретке (3) не дойдет до конца расширения. После этого уравнильный сосуд опускают и следят за тем, чтобы уровень жидкости поглотителя не поднимался выше расширения поглотительной бюретки (6). При этом воздух из поглотительной бюретки (6) переводится обратно в измерительную бюретку (3).

Производят 8-10 качаний. Затем, медленно опуская уравнильный сосуд, подводят мениск поглотительного раствора до исходного уровня и закрывают кран (13) бюретки (6). Установив на одном уровне мениски запорной жидкости в измерительной бюретке (3) и в уравнильном сосуде (5), производят отсчет. Для того, чтобы убедиться, что углекислый газ поглощен полностью, дополнительно производят еще 3-4 контрольных качания. В случае совпадения результатов анализ считается законченным. Вычитая из 100 найденную величину, определяют процент углекислого газа в анализируемой смеси. За результат измерений принимают среднее арифметическое двух последовательных определений, расхождения между которыми не должны превышать 0,2 %. После окончания анализа на CO_2 кран (13) бюретки (6) закрывают.

2.4.3. Поглощение кислорода производят в таком же порядке, как и поглощение углекислого газа. Поднимают уравнильный сосуд (5) до середины аппарата, открывают кран (13) и переводят анализируемый воздух из измерительной бюретки (3) в поглотительную бюретку (7) с раствором пирогаллола. При проведении анализа не следует допускать попадания раствора пирогаллола в поглотительную бюретку с раствором едкого калия. Для полного поглощения кислорода раствором пи-

рогаллола делают 5—7 качаний при свежем растворе или 10—14 качаний при частично отработанном растворе. Убедившись после контрольных качаний, что кислород поглощен полностью, пробу газа 5-6 раз пропускают через поглотительную бюретку (8) с 10 %-ным раствором серной кислоты для поглощения аммиака (попадающего в систему при анализе) и подводят уровень жидкости в этой бюретке до метки. После установления на одинаковом уровне менисков в уравнительном сосуде и измерительной бюретке производят отсчет.

Объемную долю кислорода в анализируемой смеси (газе) вычисляют по формуле:

$$Q = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 100}{V_A} = V_1 - V_2, \quad (1)$$

где Q — объемная доля кислорода в анализируемой смеси (газе), %; V_1 — объем газа в бюретке после поглощения CO_2 (кислотных компонентов), мл; V_2 — объем газа в бюретке после поглощения кислорода, мл; V_A — объем газа, взятый в бюретку для анализа (100 мл).

За результат измерения принимают среднее арифметическое двух последовательных определений, расхождение между которыми не превышает 0,2 %.

2.4.4. Анализ газовых смесей с большим содержанием кислорода (более 50-60 %) проводить становится трудно или даже невозможно. Это объясняется тем, что по мере поглощения кислорода размах качаний запорной жидкости в бюретке сильно уменьшается, и газ в поглотительной бюретке (7) приходит в соприкосновение с поглощаемой жидкостью лишь на очень малой поверхности, ввиду чего кислород полностью не поглощается.

В этом случае первоначально в аппарате ГХП-100 создают азотную среду путем проведения анализа атмосферного воздуха (поглощают углекислый газ и кислород в соответствии с пп. 2.4.2 и 2.4.3), после чего часть азота из бюретки удаляют, оставляя лишь 50 мл. Затем азот переводят в бюретку (7) для поглощения кислорода, подняв для этого уровень запирающей жидкости в бюретке до метки «О». Краном (13) разобщают пипетку (7) для поглощения кислорода с измерительной бюреткой.

После 3-кратного промывания измерительной бюретки (3) анализируемой газовой смесью в нее забирают 100 мл этой смеси для анализа. Таким образом, общее количество газовой смеси в приборе составит 150 мл. Анализ и установление уровня жидкостей в поглотительной бюретке (7), измерительной бюретке (3) и уравнительном сосуде (5) производятся в обычном порядке. При расчете по формуле (1) принимается объем газа в бюретке после поглощения CO_2 (кислотных компонентов) $V_1 = 150$ мл.

Пример. После поглощения углекислого газа (из воздуха) в бюретке осталось 98 мл газовой смеси. В системе находилось 50 мл азота и 100 мл анализируемой смеси. После поглощения кислорода в бюретке осталось 54 мл газовой смеси.

$$Q = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 100}{V_A} = \frac{(150 - 54) \cdot 100}{100} = 96 \% \text{ кислорода.}$$

2.4.5. Поглотители заменяют по мере снижения скорости поглощения компонентов газа. Раствор пирогаллола «А» в приборе заменяют свежим после проведения примерно 50 анализов при содержании кислорода в пробах до 21 %.

3. Работа на газоанализаторе ГК-1

3.1. Устройство газоанализатора ГК-1

Общий вид газоанализатора показан на рис. 2.

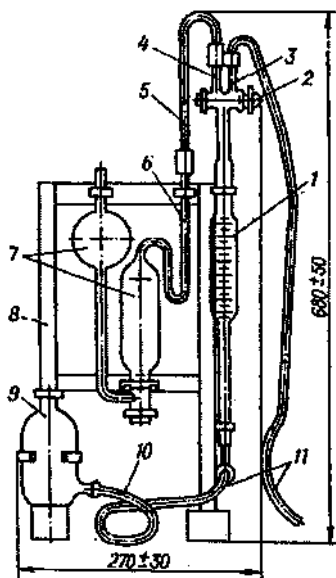


Рис. 2. Газоанализатор ГК-1.

1 - измерительная бюретка, 2 - двухходовой кран, 3, 4 — отростки крана, 5, 6 — капиллярные стеклянные трубки, 7 — поглотительная бюретка с капиллярной трубкой и шарообразной частью, 8 - штатив, 9 - уравнильный сосуд, 10, 11 — резиновые трубки

3.2. Растворы и смазки:

- дистиллированная вода (ГОСТ 6709-72);
- концентрированная серная кислота (ГОСТ 4204-77);
- хлористый аммоний (ГОСТ 3773-72);
- водный аммиак (ГОСТ 3760-79), 18 %-ный раствор;
- аммиачный раствор хлористого аммония, приготовленный из 750 г хлористого аммония, растворенного в 1 л дистиллированной воды с добавлением 1 л 18 %-ного раствора водного аммиака;
- круглая электротехническая медная проволока (ГОСТ 2112-71) типа ММ диаметром 0,8 мм в виде спирали длиной около 10 мм (диаметр витка около 55 мм);
- запирающая жидкость — 10 %-ный водный раствор серной кислоты, который готовят, растворяя 5,5 мл концентрированной серной кислоты в 95 мл дистиллированной воды;
- смазка УН (вазелин технический).

3.3. Подготовка газоанализатора к работе

Обезжиривание прибора и смазку крана проводят в соответствии с п. 2.3. Цилиндрическую часть поглотительной бюретки (7) заполняют на $1/2$ объема медными спиралями и закрывают пробкой. Уравнильный сосуд (9) и

бюретку (1) заполняют запирающей жидкостью. Измерительную бюретку (1) заполняют до верхнего конца правого отростка (3) крана (2) при положении его «на атмосферу». Кран устанавливают в нейтральное положение и опускают уравнильный сосуд (9). Поглотительную бюретку (7) заливают аммиачным раствором через воронку, соединенную резиновой трубкой с узким концом шарообразной части бюретки.

Залив часть аммиачного раствора в поглотительную бюретку (7), переводят кран (2) в положение «на бюретку (7)» и засасывают раствор в цилиндрическую часть. Кран (2) устанавливают в положение «на атмосферу» и заполняют измерительную бюретку (1) запирающей жидкостью до верхнего конца правого отростка (3) крана. Операцию по заполнению поглотительной бюретки (7) аммиачным раствором повторяют до заполнения им цилиндрической части бюретки, капиллярных трубок (6) и (5) и отростка (4) крана (2). При этом раствор в шаровой части бюретки не должен превышать $1/2$ его объема.

Заполненный прибор проверяют на герметичность по постоянству уровня жидкости в измерительной бюретке (1) при закрытом кране и нижнем положении уравнильного сосуда.

Футбольную камеру с анализируемой смесью присоединяют к отростку (3) крана (2) газоанализатора и отбирают 100 мл газа.

3.4. Порядок измерений

Поворотом крана соединяют бюретки (1) и (7) и, поднимая уравнильный сосуд, вытесняют анализируемую смесь из измерительной бюретки (1) в цилиндрическую часть поглотительной бюретки (7). После заполнения проходного отверстия крана запирающей жидкостью кран переводят в нейтральное положение. Для лучшего поглощения кислорода прибор осторожно встряхивают несколько раз. Поворотом крана соединяют бюретки (1) и (7) и, медленно опуская уравнильный сосуд, переводят в бюретку непоглощенный остаток пробы газа до тех пор, пока аммиачный раствор полностью не заполнит проходное отверстие двухходового крана. Кран закрывают, и через 1 мин замеряют объем газа в измерительной бюретке (1).

Измерение проводят по нижнему мениску жидкости в бюретке, совмещая его с уровнем жидкости в уравнильном сосуде. Метка деления, соответствующего уровню жидкости в измерительной бюретке (1), показывает в анализируемой смеси объемную долю кислорода в процентах. Операцию по поглощению кислорода повторяют. Анализ заканчивают, если после повторного поглощения изменение объема анализируемого газа не превышает 1 % при содержании кислорода в анализируемой смеси от 16 до 75 % или 0,05 % при содержании кислорода от 90 до 100 %. За результат анализа принимают среднее арифметическое значение результатов двух определений.

Аммиачный раствор в поглотительной бюретке (7) заменяют при появлении в нем желтого осадка или после 20–30 анализов при содержании кислорода в анализируемой смеси от 90 до 95 %. После заполнения

прибора свежим раствором рекомендуется проделать 2-3 анализа, не производя отсчета.

4. Меры безопасности

При работе на газоанализаторах ГХП-100 и ГК-1 необходимо соблюдать технику безопасности при работе с кислотами и щелочами. Растворы реактивов, попавшие на открытые участки кожи и слизистые оболочки, смывают большим количеством пресной воды.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ВОЗДУХА НА ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА

1. Воздух, подаваемый на дыхание водолазам, должен подвергаться периодическим проверкам на содержание в нем вредных веществ (ВВ), которые не должны превышать величин, представленных в табл. 1.

Таблица 1. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе, подаваемом для дыхания водолазам на различных глубинах, и в газовой среде барокамеры

Глубина спуска, м	Абсолютное давление на глубине спуска, МПа (кгс/см ²)	ПДК вредных веществ, мг/м ³ (мг/л)		
		Оксись углерода (монооксид углерода), CO	Окислы азота (окислы азота, N ₂ O ₅) в пересчете на NO ₂	Углеводороды суммарно, Σ СН
0	0,1 (1)	20 (0,02)	5 (0,005)	100 (0,1)
10	0,2 (2)	10 (0,025)	2,5 (0,0025)	50 (0,05)
20	0,3 (3)	6,6 (0,0066)	1,6 (0,0016)	33 (0,033)
30	0,4 (4)	5 (0,005)	1,25 (0,00125)	25 (0,025)
40	0,5 (5)	4 (0,004)	1 (0,001)	20 (0,02)
50	0,6 (6)	3,3 (0,0033)	0,83 (0,00083)	16,6 (0,016)
60	0,7 (7)	2,8 (0,0028)	0,71 (0,00071)	14,2 (0,014)
70	0,8 (8)	2,5 (0,0025)	0,62 (0,00062)	12,5 (0,012)
80	0,9 (9)	2,2 (0,0022)	0,55 (0,00055)	11,1 (0,011)
90	1,0 (10)	2 (0,002)	0,5 (0,0005)	10 (0,01)
100	1,1 (11)	1,8 (0,0018)	0,45 (0,00045)	9,04 (0,09)

Концентрация углекислого газа в воздухе, подаваемом на дыхание водолазам, не должна превышать 0,05 % (по объему). Содержание CO₂ во вдыхаемом воздухе (ДГС) в водолазном снаряжении и в барокамере не должно превышать 1 %, приведенного к условиям нормального давления.

2. Контроль качества воздуха на вредные вещества (окись углерода, суммарные углеводороды и окислы азота) на водолазной станции проводится, как правило, лицом, осуществляющим медицинское обеспечение водолазных работ, с применением экспресс-анализаторов.

3. Сущность экспрессного метода газоанализа заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом (газом или паром) в анализируемом воздухе (смеси), протягиваемом через индикаторную трубку (ИТ). Длина слоя индикаторного порошка, изменившего первоначальную окраску, находится в прямой зависимости от концентрации ВВ (в зоне измерения).

4. Концентрация ВВ определяется по шкале, нанесенной на упаковку ИТ или бланк-вкладыш, в массовых (мг/л; мг/м³ и др.) или в объемных величинах (%; ррт - одна миллионная доля вещества). Стандартная погрешность метода измерения составляет от $\pm (5-15 \%)$ до $\pm (25-35 \%)$.

5. Рекомендуемые условия проведения анализа:

- барометрическое давление 680—780 мм рт.ст.;
- относительная влажность 30—80 %;
- температура воздуха от +15 до +30 °С;
- содержание пыли не более 40 мг/м³.

При отклонении от этих условий погрешность определения концентрации ВВ увеличивается.

6. Экспресс-анализаторы (ЭА) представляют собой воздухозаборные устройства типа насоса с ручным сжатием мехов (газоопределители ГХ-4 и АМ-5, газоанализатор немецкой фирмы «Дрегер» модели 21/31), сильфонного типа со штоком (газоанализаторы УГ-2, ЭА-0201, ПГА-ВПМ, КГП-ВП и др.) или присоединяемые к воздушной системе газоанализаторы с автоматами-дозаторами (отечественный автоматический газоанализатор «Бриз», тестер AIRLAB IV немецкой фирмы «Бауер»).

7. Объем воздуха, прокачиваемого через ИТ, строго дозируется внутренней емкостью прибора. Изменение этого объема, необходимое для проведения анализа, обеспечивается определенным количеством прокачек (в большинстве ЭА) или использованием сменных штоков (УГ-2).

Объем одной прокачки ГХ-4, АМ-5 и «Дрегер» (модель 21/31) составляет по 100 мл, УГ-2 - от 30 до 400 мл, ЭА-0201, ПГА-ВПМ и КГП-ВП — по 280 мл, а в газоанализаторе «Бриз» объем воздухозабора составляет 1-1,8 л.

8. Индикаторные и вспомогательные трубки обычно имеют фабричное исполнение с запаянными концами. В газоанализаторе УГ-2, как правило, используются трубки, заполняемые реагентами перед проведением анализа.

Кроме слоя поглотительного порошка ИТ могут содержать фильтрующие слои, которые задерживают вещества, мешающие анализу, а также другие слои. Могут также использоваться дополнительно к ИТ вспомогательные трубки (фильтрующие, окислительные, осушительные и т.д.).

9. Пределы измерений ВВ с помощью ИТ, придаваемых к различным ЭА, приведены в табл. 2.

10. Индикаторные трубки должны применяться только в пределах срока их годности и без явных признаков изменения цвета индикаторного порошка. Срок хранения ИТ, как правило, указывается на упаковке. Обычно он составляет 2 года. Однако гарантированная пригодность ИТ сохраняется лишь при надлежащем их хранении: в прохладном (не более +30 °С) и защищенном от света месте. Загерметизированные ИТ к УГ-2 могут храниться в течение 1 месяца после приготовления.

11. Шкала ИТ должна обеспечивать избирательное определение содержания ВВ в отобранной пробе воздуха на уровне не менее 0,5 предельно допустимой концентрации. В противном случае число прокачек должно быть соответственно увеличено. При этом результат ана-

Таблица 2. Пределы измерений вредных веществ
с помощью индикаторных трубок

Наименование ВВ	Химическая формула	Пределы измерений ВВ индикаторными трубками к экспресс-анализаторам				
		ГХ-4, АМ-5	ПГА-ВПМ, ЭА-0201, КГП-ВП	УГ-2	«Дрегер» – модель 21/31	AIRLAB IV
Двуокись углерода	CO ₂	0,01–0,5; 0–2,0 %	2·10 ² –1·10 ⁴ ; 8·10 ² –8·10 ⁴ мг/м ³	—	0,01–0,3; 0,1–6,0 %	800 мл/м ³
Оксид углерода	CO	2,5–60; 5–50; 5–110 мг/м ³	0,005–0,05 мг/л	0–120; 0–400 мг/м ³	5–700 ppm	30 мл/м ³
Оксиды азота	NO, NO ₂	1–100; 2,5–60 мг/м ³	0,0002–0,005 мг/л	0–50; 0–200 мг/м ³	0,5–10 ppm	—
Углеводороды (бензин, керосин)	Σ СН	0,5–2,0 мг/м ³	0,05–0,5 мг/л	0–1000 мг/м ³	2–23 мг/л	—

лиза следует разделить на число прокачек.

12. Каждый вид ИТ должен применяться с соответствующим видом ЭА, поскольку результаты анализа зависят от объема и времени прокачки газа, а эти показатели различны для разных анализаторов. Взаимозаменяемы ИТ к аналогам ЭА (ЭА-0201, ПГА-ВПМ и КГП-ВП; ГХ-4, АМ-5 и «Дрегер» - модель 21/31).

13. Перед проведением экспресс-анализа может быть сделана грубая качественная оценка чистоты воздуха. Для этого струя сжатого воздуха из баллона (магистральной) выпускается в течение 2 мин на светлую фильтровальную бумагу или несколько слоев марли. Наличие на фильтровальной бумаге (марле) масляного пятна указывает на непригодность воздуха. В этом случае до проведения экспресс-анализа необходимо сделать замену или очистку воздуха, подлежащего исследованию.

14. Перед взятием пробы часть воздуха стравливается. Проба берется в резиновую емкость (обычно в футбольную или волейбольную камеру) с соском, в который может быть герметично вставлена ИТ. Новые резиновые футбольные камеры перед употреблением необходимо изнутри вымыть горячим мыльным раствором, промыть горячей водой, трижды ополоснуть дистиллированной водой и высушить. После трехкратной промывки камеры она заполняется воздухом до распрямления ее внутренних складок, сосок пережимается зажимом.

15. Проверяется годность ИТ по срокам хранения, а также внешним осмотром (окраска индикаторного порошка должна быть одноцветной и равномерной). ИТ к УГ-2 готовятся в соответствии с инструкцией по эксплуатации. При переноске ИТ из одного помещения в другое (с иной температурой) необходимо, чтобы ИТ до начала анализа приняли температуру окружающего воздуха.

16. Герметичность ручных ЭА (ГХ-4, АМ-5 и «Дрегер» - модель 21/31) проверяется при вставленной в штуцер прибора целой ИТ после

сжатия мехов. В течение 10 мин не должно происходить их растяжения. Герметичность сильфонных ЭА (УГ-2, ЭА-0201, ПГА-ВПМ, КГП-ВП) проверяется в соответствии с эксплуатационными инструкциями.

17. ИТ обламывается (разгерметизируется) с обеих сторон и герметично вставляется в штуцер прибора таким образом, чтобы в него была направлена стрелка или специальная окрашенная поверхность ИТ. В необходимых случаях с помощью переходников подсоединяются вспомогательные трубки (фильтрующие, окислительные и т.д.). Шток ЭА сильфонного типа должен быть предварительно взведен.

18. Через сосок футбольной камеры путем ослабления зажима ставится часть воздуха с тем, чтобы его подпор во время анализа практически отсутствовал. Сосок с наложенным зажимом надевается на второй конец ИТ.

19. Измерение следует начинать не позднее 1 мин после разгерметизации ИТ. Для этого вначале снимается зажим с соска, а затем (в зависимости от конструкции ЭА) производится сжатие и отпускание мехов прибора рукой или снимается со стопора шток. Газоанализатор «Бриз» подсоединяется к воздушной (газовой) системе с давлением на входе, $5\text{--}10\text{ кгс/см}^2$, затем открывается вентиль системы, после чего воздух (ДГС) прокачивается через индикаторную трубку с определенной средней скоростью. Для быстрого сброса воздуха (ДГС) из автомата-дозатора «Бриз» предусмотрена специальная кнопка.

20. При необходимости повторной прокачки газа ИТ от ЭА с ручными мехами не отсоединяется, а в ЭА сильфонного типа перед каждым повторным взводом штока должен быть пережат зажимом сосок футбольной камеры, после чего ИТ вынимается из штуцера прибора. После взвода штока подсоединяется ИТ, снимается зажим и шток снимается со стопора.

21. После пропускания необходимого объема газа ИТ может быть вынута из ЭА с ручными мехами сразу, из ЭА-0201, ПГА-ВПМ и КГП-ВП не ранее чем через 1 мин, а из УГ-2 и газоанализатора «Бриз» – через время, определенное эксплуатационной инструкцией. В ходе анализа недопустимо предпринимать какие-либо действия, ведущие к ускорению или замедлению времени прокачки газа.

22. Отсчет результатов измерения проводится от середины размытости границы раздела окраски исходного и прореагировавшего индикаторного порошка. Размытость не должна превышать 2 мм. Если она больше этой величины, то измерение необходимо повторить.

23. При получении сомнительных результатов анализа или при обнаружении следов ВВ объем пропущенного через ИТ газа (с учетом количества прокачек) может быть увеличен в 2-3 раза. В этом случае фактическая концентрация ВВ будет в соответствующее число раз меньше, чем величина концентрации, снятой со шкалы для стандартного объема.

24. За результат анализа принимается среднее арифметическое из двух измерений на каждое ВВ. Полученный результат сравнивается со значением предельно допустимой концентрации (ПДК), приведенным в табл. 1 данного приложения.

25. При отрицательном результате анализа (отсутствии изменения окраски индикаторного порошка, что свидетельствует об отсутствии ВВ) второй анализ может быть повторен на той же ИТ сразу после первого анализа. При появлении хотя бы следов ВВ во втором анализе он должен быть повторен с новой ИТ, а данные первого анализа принимаются за 0 (ноль).

26. В качестве примера проведения анализа воздуха на вредные вещества приводится более подробно методика анализа воздуха на ВВ с помощью экспресс-анализатора ПГА-ВПМ.

26.1. В комплект экспресс-анализатора ПГА-ВПМ входят:

- сифонный насос;
- уголительная муфта с угольным фильтром;
- набор индикаторных трубок для определения в воздухе концентрации окиси углерода, окислов азота и углеводородов (пары керосина, бензина);
- съемный угольный фильтр;
- окислительные трубки.

26.2. Под панелью прибора ПГА-ВПМ установлены два сифонных насоса, что позволяет одновременно определять концентрации двух вредных веществ. В основание каждого насоса впаяна отводная трубка, к которой на панели присоединяется уплотнительная муфта. Последняя служит для соединения индикаторной трубки с соответствующим сифонным насосом. Для направления штоков, хранящихся в нерабочем состоянии в специальных гнездах, при сжатии сифонных насосов на панели прибора имеются втулки, снабженные фиксаторами. На каждом штоке имеется направляющий продольный паз с углублениями на концах фиксаторов. Расстояние между этими углублениями определяет рабочий объем, просасываемый сифонным насосом.

26.3. Подготовка прибора к проведению анализа производится в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации прибора ПГА-ВПМ. В период подготовки прибора визуально проверяются целостность индикаторных трубок и дата их выпуска.

26.4. Забор проб воздуха на анализ проводится в соответствии с п. 19 данного приложения.

26.5. Перед проведением анализа штоки сифонных насосов необходимо вставить в соответствующие направляющие втулки (согласно цветной маркировке) и сжимать пружину сифона до тех пор, пока зубец фиксатора не западет в верхнее углубление штока. Во избежание повреждения сифонного насоса запрещается сжимать его пружину с подключенной индикаторной трубкой. С помощью роликов стеклореза следует сделать надрезы на концах индикаторных трубок, а затем поочередно их обломать. Специальным штырьком уплотнить ватный тампон со стороны трубки без перехвата.

26.6. При проведении анализов по определению содержания окислов азота и окиси углерода необходимо у окислительной трубки обрезать концы — сначала тонкий, а затем утолщенный и с помощью ампуловскрывателя раздавить ампулу с окислительной жидкостью. При этом

окислительную трубку следует держать утолщенным концом вверх, слегка встряхивая ее до полного смачивания стекловаты окислительной жидкостью. Собрать схему для определения соответствующего ВВ.

26.7. Газовая схема для определения окислов азота изображена на рис. 1. В этой схеме анализируемый воздух из футбольной камеры 1 засасывается сильфонным насосом 6 и проходит последовательно через окислительную трубку 2, съемную уплотнительную муфту 3, индикаторную трубку 4 и уплотнительную муфту с угольным фильтром 5. Окислитель-

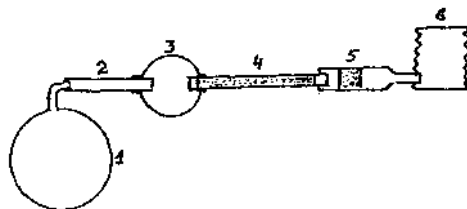


Рис. 1. Принципиальная газовая схема для определения содержания окислов азота: 1 — футбольная камера с пробой воздуха, 2 — окислительная трубка, 3 — съемная уплотнительная муфта, 4 — индикаторная трубка, 5 — уплотнительная муфта с угольным фильтром, 6 — сильфонный насос

ная трубка предназначена для окисления окиси азота в двуокись, которая количественно определяется индикаторной трубкой. Окись азота индикаторной трубкой не определяется. Угольный фильтр уплотнительной муфты поглощает выделяемые индикаторной трубкой примеси, оказывающие вредное влияние на сильфонный насос.

26.8. Газовая схема для определения окиси углерода представлена на рис. 2. Анализируемый воздух из футбольной камеры 1 согласно схеме засасывается сильфонным насосом 6 и проходит последовательно через окислительную трубку 2, съемный угольный фильтр 3, индикаторную трубку 4 и уплотнительную муфту с угольным фильтром 5. При нали-

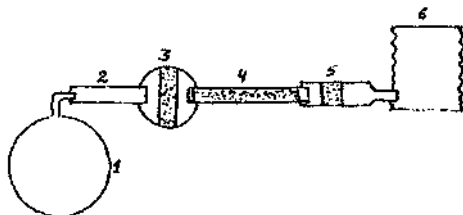


Рис. 2. Принципиальная газовая схема для определения содержания окиси углерода:

1 - футбольная камера с пробой воздуха, 2 - окислительная трубка, 3 - съемный угольный фильтр, 4 - индикаторная трубка, 5 - уплотнительная муфта с угольным фильтром, 6 — сильфонный насос

чии в анализируемом воздухе окиси азота окислительная трубка окисляет ее в двуокись, которая поглощается съемным угольным фильтром. Этим же фильтром поглощаются и углеводороды, которые, как и окись

азота, влияют на правильность показания индикаторной трубки при определении окиси углерода. Определение концентрации окиси углерода проводится путем измерения длины окрашенной части индикаторной трубки с помощью шкалы на упаковке ИТ.

26.9. Схема прибора для определения суммы углеводородов изображена на рис. 3.

Анализируемый воздух из футбольной камеры 1 засасывается сильфонным насосом 4 и проходит последовательно через индикаторную трубку 2 и уплотнительную муфту с угольным фильтром 3. Определение концентрации углеводородов проводится путем измерения длины окрашен-

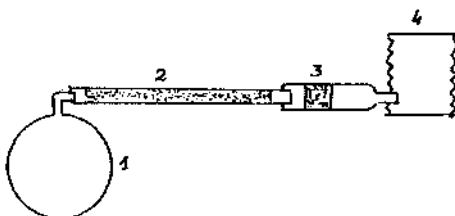


Рис. 3. Принципиальная газовая схема для определения содержания в воздухе углеводородов (бензина и керосина):

1 — футбольная камера с пробой воздуха, 2 — индикаторная трубка, 3 — уплотнительная муфта с угольным фильтром, 4 — сильфонный насос

ной части индикаторной трубки с помощью шкалы на упаковке ИТ.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ПОГЛОТИТЕЛЬНЫХ И РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

1. Кальциметр и принадлежности для анализа

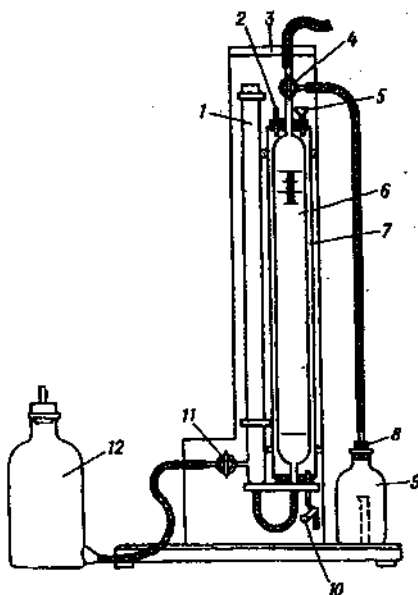


Рис. 1. Кальциметр.

- 1 — цилиндр, 2 — отводная трубка,
3 — подставка, 4 — трехходовой кран,
5 — воронка, 6 — бюретка, 7 — мантия,
8 — пробка, 9 — реакционный сосуд,
10 — зажим пружинный, 11 — кран,
12 — уравнительный сосуд

Анализ поглотительных и регенеративных веществ проводится с помощью кальциметра, устройство которого представлено на рис. 1.

Основными частями кальциметра являются реакционный сосуд (9), стеклянная градуированная измерительная бюретка (6) и уравнительный сосуд (12). В качестве емкости для приема жидкости, вытекающей из бюретки (6) при анализе, служит цилиндр (1). В дно реакционного сосуда (9) впаяна пробирка. Реакционный сосуд через трехходовой кран (4) соединяется с измерительной бюреткой (6). Измерительная бюретка емкостью 250 мл для защиты от резких температурных колебаний наружного воздуха помещена в мантию (7) — стеклянный тубус, который наполняется подкрашенной дистиллированной водой. Нижняя часть цилиндра (1) при помощи резиновой трубки соединена с уравнительным сосудом (12), в который наливается 300 мл подкрашенного раствора серной кислоты в дистиллированной воде.

Кроме кальциметра для проведения анализов требуются:

- весы аптечные ВА-4М (0,05 г - 1,0 кг) или торсионные ВТ-500 (1 - 500 мг);
- мерные пипетки (10-15 мл) с грушей;
- пробы поглотительного или регенеративного вещества (от 5 до 10 г из 3 точек);
- чашки Петри для размещения проб;
- химические реактивы и смазки;
- соляная кислота (ГОСТ 3118-77), разбавленная дистиллированной водой в пропорции 1 : 1 — для анализа поглотительных и регенеративных веществ на углекислый газ;

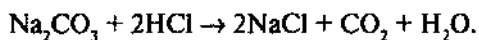
- 1 %-ный раствор сернокислого кобальта (ГОСТ 4462-78) - для анализа регенеративного вещества на кислород;
- концентрированная серная кислота (ГОСТ 4204-77) - для приготовления растворов;
- хромовая смесь — раствор 10 гдвуххромовокислого калия (ГОСТ 4220-75) в 150 мл концентрированной серной кислоты или 10 %-ный раствор тринатрийфосфата — для промывания стеклянных частей прибора;
- запирающая жидкость - 22 %-ный раствор хлористого натрия (ГОСТ 4233-77) с добавлением нескольких капель серной кислоты или 10 %-ный раствор серной кислоты (раствор 5,5 мл концентрированной серной кислоты в 95 мл дистиллированной воды);
- метиленовый оранжевый индикатор - для подкрашивания запирающей жидкости;
- вода дистиллированная (ГОСТ 6700-72);
- смазка УН (технический вазелин) — для смазки и герметизации кранов.

2. Анализ поглотительных веществ

2.1. Характеристика отечественного поглотительного вещества ХП-И представлена в п. 8.15.2 Руководства. Из приведенных там реакций составных частей ХП-И следует, что 1 кг ХП-И поглощает 241 л CO_2 , поскольку 768 г Ca(OH)_2 поглотят $768 - 22,4 : 74 = 232 \text{ л}$, а 32 г NaOH поглотят $32 \cdot 22,4 : 80 = 9 \text{ л}$. Однако по мере работы ХП-И содержащийся в воздухе углекислый газ будет связываться не целиком, а часть его будет проходить («проскакивать») через регенеративный патрон, заряженный ХП-И, в окружающую среду. При работе системы очистки газовой среды в барокамере допустимой величиной «проскока» CO_2 является 1 % (приведенный к нормальному давлению), или 7,7 мм рт.ст. по парциальному давлению. Свежий (заводской) ХП-И имеет насыщенность углекислым газом 12-15 л/кг. Допускается к использованию ХП-И с насыщенностью CO_2 до 20 л/кг. Насыщенность ХП-И углекислым газом за время работы может достигнуть 100 л/кг, т.е. около 40 % от полной насыщенности. При таком или близком к нему насыщении ХП-И считается отработанным и подлежащим замене. Для регенерации барокамер может допускаться ХП-И с более высокой исходной и конечной насыщенностью CO_2 при условии контроля содержания в газовой среде углекислого газа и своевременной перезарядки кассет регенерации.

2.2. Основным методом контроля качества ХП-И является определение с помощью кальциметра степени насыщенности углекислым газом и предельной способности его поглощать CO_2 . По внешнему виду невозможно отличить отработанный ХП-И от свежего или установить степень его отработки, так как при поглощении CO_2 не наблюдается изменений его окраски, как у некоторых импортных поглотительных веществ.

2.3. Метод определения степени насыщенности ХП-И и его предельной поглотительной способности в отношении CO_2 с помощью кальциметра основан на измерении объема CO_2 , вытесненного из навески ХП-И раствором соляной кислоты, согласно реакции:



Выделяющийся углекислый газ собирается в градуированную бюретку (6), где с помощью уравнительного сосуда (12) с жидкостью определяют его объем.

2.4. Кальциметр готовят и проверяют в соответствии с техническим описанием. Все стеклянные части прибора протирают и моют хромовой смесью или 10 %-ным раствором тринатрийфосфата. Хромовую смесь тщательно смывают водой. Вымытые части прибора просушивают. Старую смазку с кранов снимают марлей, смоченной этиловым спиртом. Затем на пробку наносят тонким слоем технический вазелин или вакуумную смазку. Пробку вставляют в корпус крана и осторожно притирают до тех пор, пока шлиф не станет прозрачным. Собирают прибор и заполняют запирающей жидкостью цилиндр (1) и бюретку (6). Бюретку заполняют до верхней круговой отметки, обозначенной цифрой «О», через цилиндр (1) при закрытом кране (11) и положении крана (4) «на атмосферу». После заполнения бюретку отсоединяют от атмосферы поворотом крана (4). Осторожно открывают кран (11) и перепускают примерно половину жидкости из цилиндра (1) в уравнительный сосуд (12). В мантию (7) бюретки (6) наливают дистиллированную воду через воронку (5), вставленную в отверстие пробки. Перед анализом проверяют на герметичность все соединения. Для этого трехходовой кран (4) ставят в положение, при котором закрытый пробкой реакторный сосуд (9) сообщается с бюреткой (6). При нахождении уравнительного сосуда на подставке прибора и открытом кране (11) уровень жидкости в бюретке должен оставаться постоянным в течение 2-3 мин. В случае обнаружения негерметичности ее устраняют и прибор проверяют снова.

2.5. Из трех разных точек в различных слоях ХП-И берутся для анализа пробы массой примерно по 5—10 г, помещаются в стеклянную банку и перемешиваются чистой ложкой или шпателем. Для анализа берут навеску 1 г ХП-И, взвешенного с точностью до 0,01 г.

2.6. Навеску помещают в сухой реакционный сосуд (9), в пробирку которого пипеткой вливают 10 мл соляной кислоты, разбавленной дистиллированной водой в пропорции 1:1. Пробку (8) смачивают водой и закрывают ей реакционный сосуд. При положении трехходового крана (4) «на атмосферу» с помощью уравнительного сосуда (12) при открытом кране (11) устанавливают уровень жидкости на отметке «О» или на одном из делений в верхней части бюретки (6), закрывают кран (11), ставят уравнительный сосуд на подставку прибора и с помощью крана (4) соединяют реакционный сосуд (9) с бюреткой (6). Открывают кран (И) и проводят проверку на герметичность в течение 2-3 мин, после чего вновь устанавливают одинаковый уровень жидкости в бюретке (6), цилиндре (1) и уравнительном сосуде (12), ставят уравнительный сосуд на подставку прибора и записывают исходные показания по делению бюретки, соответствующему нижнему мениску жидкости. Реакцион-

ный сосуд наклоняют до полного выливания раствора соляной кислоты из пробирки на навеску ХП-И и периодически встряхивают сосуд для полного разложения зерен ХП-И. Выделяющийся углекислый газ вытесняет часть жидкости из бюретки (6) в цилиндр (1) и уравнильный сосуд (12).

2.7. После окончания реакции взаимодействия ХП-И с соляной кислотой (когда выделение пузырьков CO_2 прекратится и запорная жидкость в измерительной бюретке установится на определенном уровне) И выравнивания температуры газа в реакторе и окружающем воздухе (примерно через 10 мин) поднимают уравнильный сосуд. Для измерения объема выделившегося CO_2 устанавливают одинаковый уровень запирающего раствора в уравнильном сосуде (12), цилиндре (1) и бюретке (6), при этом снимают отсчет выделившегося газа по нижнему мениску жидкости в бюретке (6).

Пример. Исходный объем газа в бюретке составлял 70 мл, а после анализа стал 83 мл. Следовательно, из 1 г ХП-И выделилось $83 - 70 = 13$ мл CO_2 , то есть насыщенность 1 г поглотителя равна 13 мл, или насыщенность ХП-И составляет 12 л/кг.

2.8. После окончания анализа первой навески реактор открывают, жидкость из него выливают, а реактор хорошо промывают водой, чтобы в нем не осталось соляной кислоты. Затем производят анализ 2-й и 3-й навесок ХП-И по такой же схеме, как и первой.

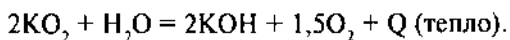
2.9. Результаты анализа каждой навески поглотителя могут отличаться на несколько миллилитров, поэтому из трех определений берут среднюю арифметическую величину.

3. Особенности анализа регенеративных веществ

3.1. Отечественное регенеративное вещество О-3, основу которого составляет надперекись калия, анализируется на насыщенность по кислороду и углекислому газу. Один грамм свежего регенеративного вещества выделяет не менее 120 мл кислорода и имеет насыщенность углекислым газом не более 15 мл/г.

3.2. Порядок подготовки к работе и работы на кальциметре, а также метод расчета такой же, как и при анализе ХП-И. Основной особенностью является то, что анализ каждой навески регенеративного вещества производится в два этапа:

3.2.1. На 1-м этапе проводится анализ регенеративного вещества на содержание в нем кислорода. Навеска регенеративного вещества помещается в сухой реакционный сосуд (9), в пробирку которого осторожно пипеткой наливается 10 мл 1 %-ного раствора сернокислого кобальта. В остальном методика анализа на кислород не отличается от методики, изложенной в пп. 2.6 и 2.7. Под воздействием воды происходит разложение надперекиси калия с образованием щелочи и выделением кислорода:



3.2.2. На 2-м этапе определяют содержание в регенеративном веществе углекислого газа из той же пробы, из которой определялось содержание кислорода. Для этого отсоединяют реакционный сосуд с пробиркой от кальциметра, осторожно пипеткой наливают в пробирку сосуда 10 мл соляной кислоты, разбавленной дистиллированной водой в пропорции 1:1, после чего закрывают реакционный сосуд пробкой. Кальциметр проверяется на герметичность, и повторяются дальнейшие действия, указанные в пп. 2.6 и 2.7. В ходе реакции соляной кислоты с регенеративным веществом, из которого уже был вытеснен кислород, выделяется связанный углекислый газ.

3.3. Анализ производится трижды и берется средняя арифметическая величина насыщенности трех навесок О-3.

4. Меры безопасности

При проведении анализов необходимо соблюдать технику безопасности при работе с поглотительными и регенеративными веществами (см. п. 8.15 Руководства), а также общепринятые меры безопасности при работе с кислотами и щелочами. Растворы реактивов, попавшие на открытые участки кожи и слизистые оболочки, смывают большим количеством пресной воды.

ПРИЛОЖЕНИЕ 15
УТВЕРЖДАЮ
 Руководитель водолазных работ
 _____ (_____)
 " ____ " _____ г.

СУТОЧНЫЙ ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ВОДОЛАЗНЫХ СПУСКОВ

по наряд-заданию № _____ на " ____ " _____ г.
 Место спусков _____ Глубина спусков _____ м.
 Наименование работ: _____
 Дыхательная газовая смесь _____
 Применяемый инструмент и принадлежности _____

Расчетное время пребывания на грунте:
 1-го водолаза _____ мин, 2-го водолаза _____ мин, 3-го водолаза _____ мин.

Расписание по постам	Номера смен и фамилии обслуживающих пост		
	1-я смена	2-я смена	3-я смена
Спускающийся водолаз			
Руководитель спуска			
Проводящий медицинское обеспечение			
Обеспечивающий на сигнальном конце			
На телефонной связи			
На подаче воздуха (ДГС)			
На барокамере			
Страховый водолаз			
Шлюпочная команда:			
1-й			
2-й			
3-й			
4-й			
5-й			
Качальники:			
1-й			
2-й			
3-й			
4-й			

Руководитель спуска _____ (_____)
 Ответственный за медицинское обеспечение _____ (_____)

СРОКИ ОСВОБОЖДЕНИЯ ОТ СПУСКОВ ПОД ВОДУ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

№ п/п	Заболевания и болезненные состояния	Лечение	Субъективные и объективные данные, определяющие выздоровление	Срок освобождения от погружений после выздоровления
1	Невралгии простудной этиологии, проявляющиеся лишь субъективными ощущениями	Амбулаторное	Исчезновение болей	Минимум 7 суток
2	Невралгии и невриты после интоксикаций, травм или с затяжным течением	Стационарное	Исчезновение болей, отсутствие неврологической симптоматики и патологии со стороны позвоночника (по данным рентгеновского исследования). При невралгиях, связанных с общей инфекцией, — хорошая переносимость пробы на велоэргометре	По решению ВКЭК
3	Нейромиозиты: а) легкая форма (шейно-плечевой и поясничной локализации)	Амбулаторное	Исчезновение болей субъективно и при пальпации, восстановление полного объема движений	Минимум 3 суток
	б) затяжные и рецидивирующие	Стационарное	То же	Минимум 7 суток
4	Утомление средней и тяжелой степени	Стационарное	Исчезновение неприятных субъективных ощущений, восстановление работоспособности (по данным психологического обследования)	По решению ВКЭК
5	Повышенная эмоциональная реакция средней длительности, затяжные невротические расстройства (сходные по симптоматике с неврастениями, неврозами навязчивости, истерическими неврозами)	Стационарное	Восстановление обычного состояния здоровья и настроения, критическое отношение к прошедшей ситуации	По решению ВКЭК
6	Аритмии - при первичном обнаружении, а также при значительном ухудшении или изменении характера аритмии у водолазов, допущенных к работе с функциональной экстрасистолью	Стационарное	Отсутствие неприятных субъективных ощущений и других изменений сердечно-сосудистой системы	По решению ВКЭК

7	Нейроциркуляторная дистония по гипертоническому типу - при первичном обнаружении стойкого повышения АД свыше 140/90 мм рт.ст. или понижения (100/160 мм рт.ст.), а также при повторных случаях повышенного колебания АД у лиц, допущенных к работе водолазом с этим заболеванием	Стационарное	Нормализация АД в обычных условиях. Адекватная реакция АД в условиях нагрузочных тестов	По решению ВКЭК
8	Глистная инвазия	Стационарное	Исчезновение неприятных ощущений со стороны желудочно-кишечного тракта, 3-кратные отрицательные результаты копрологического исследования на яйца глистов	По решению ВКЭК
9	Грипп и другие респираторные заболевания	Амбулаторное	Хорошее самочувствие, отсутствие объективных признаков перенесенного заболевания. Нормальная температура тела в течение трех дней. Нормальная картина крови.	Минимум 6 суток
10	Острый трахеобронхит: а) при благополучном течении заболевания б) при затянувшемся течении заболевания	Стационарное	Хорошее самочувствие, отсутствие объективных признаков перенесенного заболевания. Нормальная температура тела в течение трех дней. Хорошие показатели спирометрии Нормальный анализ крови. Положительные результаты лечения, восстановление функций внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы	Минимум 7 суток По решению ВКЭК
11	Пневмонии, сухие плевриты (нетуберкулезной этиологии)	Стационарное	Отсутствие неприятных субъективных ощущений. Нормализация функций внешнего дыхания и кровообращения. Нормальная температура тела в течение 7 дней. Нормальные результаты рентгенографии легких. Нормальная картина крови	Не менее 30 суток
12	Острые кишечные инфекции и пищевые отравления (колиты, энтериты, энтероколиты, гастроэнтериты, гастроэнтероколиты)	Стационарное	В зависимости от тяжести течения заболевания и степени восстановления общего состояния организма	По решению ВКЭК
13	Обострение хронических заболеваний органов пищеварения	Стационарное	Исчезновение субъективных и объективных признаков обострения заболевания	По решению ВКЭК

14	Реакции после профилактических прививок, а также другие аллергические реакции	Стационарное или амбулаторное	Отсутствие жалоб и последствий повышенной реактивности организма	Минимум 7 суток
15	Ушибы: а) с ограниченным отеком тканей, с небольшим кровоизлиянием, не сопровождающимся сильными болями б) все ушибы позвоночника, грудной и брюшной полостей с отслойкой кожи и подкожной клетчатки, обширными гематомами, а также болезненные ушибы надкостницы с ее отслоением при подозрении на переломы и трещины костей	Амбулаторное Стационарное	Отсутствие жалоб, полное восстановление внешнего вида и функции поврежденного органа То же	Минимум 5 суток По решению ВКЭК
16	Повреждение связочного аппарата суставов: а) при растяжении связочного аппарата с незначительно выраженным отеком мягких тканей, незначительной болезненностью и небольшим ограничением амплитуды движения б) при незначительных повреждениях связочного аппарата с подозрением на кровоизлияние в суставы, вывихи, повреждение костей	Амбулаторное Стационарное	Исчезновение болей, отека тканей, полное восстановление функции поврежденного органа Исчезновение болей, отека тканей, полное восстановление функции поврежденного органа	Минимум 7 суток Минимум 7 суток
17	Открытые повреждения мягких тканей: а) небольшие резаные, рубленые, ушибленные и рваные раны б) обширные и глубокие повреждения мягких тканей и огнестрельные раны	Амбулаторное Стационарное	Сформировавшиеся окрепшие безболезненные рубцы, не ограничивающие функцию поврежденного органа То же	Минимум 7 суток По решению ВКЭК
18	Фурункулы: а) одиночные, без повышения температуры тела и без нарушения общего состояния б) множественные или часто повторяющиеся одиночные в) верхней части лица, особенно верхней губы, входа в нос, независимо от общего состояния	Амбулаторное Стационарное Стационарное	Отсутствие болезненности, инфильтрата, хорошее общее самочувствие, нормальные анализы крови Отсутствие болезненности, инфильтрата, хорошее общее самочувствие, нормальные анализы крови, отсутствие регионарного лимфаденита То же	Минимум 7 суток Минимум 10 суток Минимум 7 суток

19	Абсцессы, гидрадениты, флегмоны, карбункулы	Стационарное	То же	Минимум 10 суток
20	Панариция: а) легкие формы кожные, подкожные и подногтевые (паронихии);	Амбулаторное	Заживление с полным восстановлением функции пальца	Минимум 5 суток
	б) тяжелые формы: сухожильные, костные и суставные	Стационарное	То же	Минимум 10 суток
21	Ожоги: а) ограниченные степени I-II	Амбулаторное	Полная эпителизация ожоговой поверхности	Минимум 7 суток
	б) обширные степени II-III	Стационарное	Полная эпителизация ожоговой поверхности или сформировавшиеся окрепшие рубцы на месте бывшего ожога, отсутствие повышенной чувствительности кожи к высокой и низкой температуре	По решению ВКЭК
22	Отморожения: а) ограниченные степени I-II	Амбулаторное	Исчезновение отечности, покраснения и болезненности места отморожения	Минимум 7 суток
	б) обширные степени II-III	Стационарное	Общее хорошее самочувствие, эпителизация мест отморожения, наличие кожных безболезненных рубцов	По решению ВКЭК
23	Обострение геморроя: а) при незатяжном и неосложненном течении;	Амбулаторное	Отсутствие кровотечений, признаков воспаления и болезненности при дефекации	Минимум 7 суток
	б) при затяжном и осложненном течении	Стационарное	То же	По решению ВКЭК
24	Острый цистит, острый уретрит, острый простатит	Стационарное	Отсутствие жалоб, выделений из уретры после провокации, дизурических явлений. Нормальные анализы крови и мочи	По решению ВКЭК
25	Воспалительные заболевания органов мошонки	Стационарное	Отсутствие жалоб, отечности. Нормальные анализы крови и мочи	По решению ВКЭК
26	Острый синусит	Амбулаторное или стационарное	Нормальное состояние слизистой носа и придаточных пазух, нормальная барофункция ушей и придаточных пазух носа. Нормальная температура тела, нормальные анализы крови	Минимум 8 суток
27	Носовое кровотечение случайного характера (механические травмы слизистой)	Амбулаторное	Отсутствие кровотечения в течение трех дней. Отторжение корочки	Минимум 5 суток

28	Ангина: катаральная, фолликулярная, лакунарная	Амбу- латор- ное	Отсутствие жалоб, исчезновение болезненности при глотании, пальпации лимфоузлов, нормализация температуры тела и крови	Минимум 12 суток
	флегмонозная	Стаци- онарное	То же	Минимум 12 суток
29	Ларингит и ларинготрахеит, фарингит без повышения температуры тела и явлений общей интоксикации	Амбу- латор- ное	Полное восстановление голосовой функции. Нормальное состояние слизистой. Нормальный анализ крови	Минимум 7 суток
30	Острый наружный отит (в том числе фурункулы наружного слухового прохода)	Амбу- латор- ное или стаци- онарное	Отсутствие болей при жевании, потягивании за ушную раковину и давлении на козелок. Нормальное состояние наружного слухового прохода. Нормальный анализ крови	Минимум 5 суток
31	Острое воспаление среднего уха: Катаральное	Амбу- латор- ное или стаци- онарное	Отсутствие жалоб на заложенность и шум в ушах, восприятие шепотной речи на базовую группу слов с расстояния не менее 5 м, нормальная функция евстахиевых труб. Нормальная отоскопическая картина	Минимум 3 суток
	Гнойное	Амбу- латорное или стаци- онарное	То же. Восстановление целостности барабанной перепонки	Минимум 24 суток
32	Удаление зуба: а) неосложненное	Амбу- латорное	Безболезненный акт жевания, свободное открывание рта, отсутствие отека	Минимум 3 суток
	б) осложненное кровотечением, альвеолитом	Стаци- онарное	Хорошее общее самочувствие, отсутствие отека, боли, гиперемии, кровотечения, безболезненный акт жевания. Нормальные анализы крови и мочи	Минимум 7 суток
33	Острый пульпит	Амбу- латорное	Отсутствие болей	Минимум 3 суток
34	Острый периодонтит	Амбу- латорное	Отсутствие болей при перкуссии зуба и жевании	Минимум 3 суток
35	Пародонтоз в стадии обострения, абсцидирования	Стаци- онарное	Отсутствие воспалительных явлений со стороны пародонта, болей, отека слизистой. Нормальные анализы крови и мочи	Минимум 7 суток
36	Острый одонтогенный остеомиелит верхней челюсти. Одонтогенная флегмона	Стаци- онарное	Отсутствие болей, отека, гиперемии. Нормальная температура тела. Нормальные анализы крови и мочи	Минимум 7 суток

37	Острые заболевания слизистой оболочки полости рта	Амбулаторное	Нормальное состояние слизистой. Нормальные анализы крови и мочи	Минимум 7 суток
38	Затрудненное прорезывание зуба мудрости, осложненное периодонтитом	Стационарное	Отсутствие болей, отека, свободное открывание рта, нормальные анализы крови и мочи	По решению ВКЭК
39	Блефариты (легкие формы)	Амбулаторное	Отсутствие зуда, покраснения век, салых чешуек у корней ресниц	Минимум 5 суток
40	Ячмень. Гнойное воспаление мейбомиевой железы (внутренний ячмень)	Амбулаторное	Отсутствие инфильтрата, закрытие ранки	Минимум 5 суток
41	Конъюнктивиты острые, легко протекающие, неосложненные	Амбулаторное	Исчезновение неприятных субъективных ощущений, отсутствие красноты и отека конъюнктивы век, отделяемого из глаз	Минимум 5 суток
42	Инородное тело в роговице глаза	Амбулаторное или стационарное	Отсутствие признаков воспаления конъюнктивы и роговицы	Минимум 5 суток
43	Заболевания оболочек глазного яблока воспалительного характера	Стационарное	Исчезновение явлений воспаления оболочек глазного яблок	По решению ВКЭК
44	Острая декомпрессионная болезнь: а) легкой и средней тяжести при эффективности проведения лечебной рекомпрессии и отсутствии после нее каких-либо остаточных явлений б) легкой или средней тяжести при недостаточной эффективности проведенной лечебной рекомпрессии и наличии после нее легких остаточных явлений (чувство недовкости, скованности в пораженных конечностях, незначительная болезненность костей, суставов, мышц) в) тяжелой формы, а также выраженные остаточные явления и последствия заболевания (снижение кожной чувствительности, очаговые поражения спинного и головного мозга, парезы, нарушения мочеиспускания и дефекации), поддающиеся лечению	Лечебная рекомпрессия Лечебная рекомпрессия Лечебная рекомпрессия, стационарное	Отсутствие остаточных явлений Исчезновение болей, восстановление полного объема движений Полное излечение остаточных явлений и последствий заболевания	Минимум 7 суток Минимум 14 суток По решению ВКЭК, но не менее 30 суток после завершения лечебной рекомпрессии

45	Баротравма легких: а) при незначительном перерастяжении альвеол либо при минимальном разрыве легочной ткани, выражающемся в слабой, быстро прошедшей боли в груди, кратковременном и незначительном кровохаркании	Лечебная рекомпрессия	Прекращение кровохаркания, отсутствие симптомов эмболии и развивающейся пневмонии, исчезновение болей в груди	Минимум 30 суток после завершения лечения лечебной рекомпрессии
	б) при выраженном разрыве легочной ткани, вызвавшем обильное кровохарканье, плевропульмональный шок, эмболию сосудов жизненно важных органов, пневмоторакс, пневмонию, абсцессы легких, плеврит и т.д.	Лечебная рекомпрессия, стационарное	То же. Положительные результаты лечения, восстановление функций внешнего дыхания и сердечной деятельности, нормальная картина крови, полное излечение последствий эмболии	По решению ВКЭК
46	Баротравма уха или придаточных полостей носа: а) перерастяжение барабанной перепонки, выражающееся в незначительной болезненности, чувстве заложенности в ушах, нарушении барофункции	Амбулаторное у отоларинголога	Отсутствие осложнений, исчезновение гиперемии, болезненности барабанной перепонки, восстановление барофункции	Минимум 7 суток
	б) разрыв барабанной перепонки без осложнений	То же	Отсутствие осложнений. Восстановление целостности барабанной перепонки, восстановление барофункции	Минимум 14 суток
	в) баротравма придаточных полостей носа (без осложнений)	То же	Отсутствие осложнений, прекращение кровотечений, восстановление барофункции	Минимум 14 суток
	г) баротравма уха или придаточных полостей носа, осложнившаяся отитом, фронтитом или гайморитом: катаральным	Амбулаторное	Положительные результаты лечения, прекращение воспалительного процесса, восстановление функции внешнего дыхания, баро- и вестибулярной функции	Минимум 10 суток
	гнойным	Стационарное	То же	Минимум 24 суток

47	Барогипертензионный синдром: а) сосудистой формы, проявившийся в незначительном недомогании, слабости головной боли, затруднении носового дыхания, нарушении барофункции, быстро прекратившемся кровотечении из носа или кровохаркании, инъекции сосудов и отечности слизистой носа и зева	Амбулаторное у отоларинголога	Положительные результаты лечения, нормализация самочувствия и барофункции	Минимум 7 суток
	б) церебральная форма, проявившаяся в нарушении дыхания, чувстве жара, боли в груди, тошноте, рвоте, заторможенности, снижении зрения, снижении остроты слуха	Стационарное	Отсутствие признаков сдавления головного мозга, менингеальных симптомов, нарушений зрения и слуха, судорожных припадков. Нормализация самочувствия, дыхания и сердечной деятельности	Минимум 30 суток
	в) церебральная барогипертензия с развитием коллаптоидного состояния, отека мозга, эпилептиформными приступами, менингеальными симптомами	Стационарное	Полное излечение последствий барогипертензионного синдрома	По решению ВКЭК
48	Острое отравление выхлопными газами: а) легкая форма	ГБО, амбулаторное	Нормализация самочувствия, исчезновение шума в ушах, головной боли, тошноты, слабости, нормализация дыхания и сердечной деятельности	Минимум 7 суток
	б) средней тяжести	То же, стационарное	То же. Полное излечение преходящих расстройств высшей нервной деятельности	Минимум 14 суток
	в) тяжелая форма с осложнениями и последствиями отравления, поддающимися лечению (бронхит, пневмония, отек легких, нарушения вестибулярного аппарата, отек мозга, нарушения со стороны черепно-мозговых и периферических нервов, нарушения зрения, тромбозы, очаговые инфаркты миокарда)	То же	Полное излечение осложнений и последствий отравления	По решению ВКЭК
49	Острое отравление углекислым газом: а) легкая форма	Амбулаторное	Исчезновение головной боли, головокружений, тошноты, слабости, чувства стеснения в груди, восстановление работоспособности	Минимум 7 суток
	б) тяжелая форма с осложнениями (бронхит, пневмония, отек легких)	Стационарное	Нормализация дыхания, сердечной деятельности и координации движений. Полное излечение осложнений	Минимум 30 суток

50	Отравление кислородом: а) легочная форма (ателектазы, пневмония, отек легких)	Стацио- нарное	Полное излечение воспалительного процесса, нормализация дыхания, сердечной деятельности, температуры, анализов крови	Минимум 30 суток
	б) судорожная форма в стадии предвестников	Амбула- торное	Прекращение непроизвольных подергиваний мимических мышц, восстановление полей зрения, дыхания и сердечной деятельности	Минимум 14 суток
	в) общетоксическая и судорожная формы средней тяжести и тяжелые с развитием коллапса либо судорог, а также последствия судорожных припадков	Стацио- нарное	Полная нормализация дыхания, сердечной деятельности, купирование судорог и патологических сдвигов в функционировании центральной и периферической нервной систем. Полное излечение последствий судорожных припадков	Минимум 30 суток
51	Кислородное голодание: а) легкой формы	ГБО, амбу- латорное	Исчезновение головной боли, восстановление координации тонких движений	Минимум 7 суток
	б) тяжелой формы с нарушением функций ЦНС, дыхательной и сердечно- сосудистой систем	ГБО, стацио- нарное	Полное излечение последствий гипоксии	По решению ВКЭК
52	Обжим водолаза: а) легкая форма	Амбула- торное	Прекращение головной боли, кровотечения из носа, нормализация зрения	Минимум 7 суток
	б) тяжелая форма, осложненная и отдаленные последствия (шок, отек легких и головного мозга, почечная недостаточность и др.)	Стацио- нарное	Полное излечение осложнений и отдаленных последствий	По решению ВКЭК
53	Перегревание: а) легкие формы	Амбула- торное	Нормализация общего состояния и работоспособности	Минимум 5 суток
	б) случаи, протекающие с острыми нервно- сосудистыми нарушениями	Стацио- нарное	В зависимости от выраженности клинических проявлений, результатов лечения и степени восстановления общего состояния организма	По решению ВКЭК
54	Переохлаждение: а) легкая форма	Амбула- торное	Общее хорошее самочувствие, нормальная температура тела в течение 5 дней, нормальная картина крови	Минимум 7 суток
	б) тяжелая форма	Стацио- нарное	То же	По решению ВКЭК

55	Обжатие грудной клетки: а) легкая форма	Амбулаторное	Хорошее самочувствие, исчезновение симптомов со стороны органов дыхания	Минимум 5 сут
	б) тяжелая форма	Стационарное	То же	По решению ВКЭК
56	Травма подводной взрывной волной: а) легкая форма	Амбулаторное	Хорошее самочувствие, Прекращение головной боли, исчезновение ЛОР-симптомов, кровотечения из носа, нормализация зрения	Минимум 7 сут
	б) тяжелая форма, осложненная и отдаленные последствия (шок, повреждения органов грудной и брюшной полостей, переломы костей и др.)	Стационарное	Полное излечение осложнений и отдаленных последствий	По решению ВКЭК
57	Химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами а) легкая форма	Амбулаторное	Хорошее самочувствие, исчезновение поражений верхних дыхательных путей и кожных покровов и слизистых	Минимум 7 сут
	б) тяжелая форма	Стационарное	То же	По решению ВКЭК
58	Последствие утопления и реанимационных мероприятий: а) легкая форма, не требовавшая проведения реанимационных мероприятий	ГБО, амбулаторное	Хорошее самочувствие, отсутствие осложнений и остаточных явлений	Минимум 7 сут
	б) тяжелая форма, потребовавшая проведения реанимационных мероприятий	ГБО, стационарное	Хорошее самочувствие, полноценная функция ЦНС, кардиореспираторной системы, системы крови и выделительной системы, отсутствие переломов костей или их полная консолидация	По решению ВКЭК
59	Последствия травм и отравлений, вызываемых опасными и ядовитыми животными а) легкая форма	Амбулаторное	Хорошее самочувствие, полное заживление нанесенных травм, отсутствие общих проявлений отравления	Минимум 5 сут после выздоровления
	б) тяжелая форма	Стационарное	То же	По решению ВКЭК

**ПОРЯДОК ДОПУСКА К СПУСКАМ ПОД ВОДУ
И В БАРОКАМЕРЕ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОСТИГНУТЫХ ГЛУБИН
И ПЕРЕРЫВОВ МЕЖДУ СПУСКАМИ**

Таблица 1. Мероприятия по восстановлению натренированности водолазов в зависимости от перерывов между спусками под воду

Достигнутая глубина, м	Перерыв между спусками на достигнутую глубину, сутки		
	до 45	от 46 до 90	свыше 90
6–20	Разрешается спуск на достигнутую глубину	Разрешается спуск на достигнутую глубину	1 спуск под воду на глубину 10 м вод.ст. с экспозицией 20 мин
21–40	То же	1 тренировочный спуск под воду на глубину 10 м с экспозицией 20 мин	1 тренировочный спуск в барокамере на «глубину» 40 м вод.ст. с экспозицией 20 мин и 1 спуск под воду на глубину 10 м с экспозицией 20 мин
41–60	То же	1 тренировочный спуск в барокамере на «глубину» 80 м вод.ст. с экспозицией 15 мин и 1 спуск под воду на глубину 40 м с экспозицией 20 мин	1 тренировочный спуск в барокамере на «глубину» 80 м вод.ст. с экспозицией 15 мин, 1 спуск под воду на глубину 20 м с экспозицией 20 мин и 1 спуск под воду на глубину 40 м с экспозицией 20 мин

Таблица 2. Порядок допуска водолазов к спускам на глубины более достигнутых

Достигнутая глубина, м	Планируемая глубина, м			
	20–30	31–40	31–40	41–50
5–20	Тренировочного спуска не требуется	1 тренировочный спуск под воду на глубину 30 м с экспозицией 20 мин	1 тренировочный спуск под воду на глубину 30 м с экспозицией 20 мин	1 тренировочный спуск в барокамере на «глубину» 80 м вод.ст. с экспозицией 15 мин и под воду на глубину 30 м с экспозицией 20 мин
21–30	Тренировочного спуска не требуется	Тренировочного спуска не требуется	Тренировочного спуска не требуется	1 тренировочный спуск в барокамере на «глубину» 80 м вод.ст. с экспозицией 15 мин
41–60	Тренировочного спуска не требуется	Тренировочного спуска не требуется	Тренировочного спуска не требуется	Тренировочного спуска не требуется

Таблица 3. Режимы восстановления натренированности к факторам повышенного давления воздуха в условиях барокамеры при перерывах между спусками, сутки

до 45	от 45 до 90	Свыше 90
Разрешается спуск под давлением 100 м вод. ст.	Разрешается спуск на «глубину» 100 м вод.ст. после спуска на «глубину» 80 м вод.ст. с экспозицией 15 мин	3 спуска в барокамере в течение месяца с интервалами не менее 1-2 дней на «глубину» 40 м вод.ст. – 20 мин, 80 м – 15 мин и 100 м – 10 мин

ОКАЗАНИЕ НЕОТЛОЖНОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШЕМУ ВОДОЛАЗУ

1. Общие положения

1.1. Медицинская помощь при неотложных состояниях, связанных со специфическими, неспецифическими заболеваниями водолазов и травмами, на месте происшествия (на водолазной станции) должна сочетать комплекс мероприятий, направленных на устранение или блокирование всех причин, приводящих к развитию опасных для здоровья и жизни состояний, а также на восстановление нарушенных функций. Мероприятия должны реализовываться в полном объеме в зависимости от состояния пострадавшего и вида медицинской помощи (первой помощи, доврачебной, первой врачебной, квалифицированной, специализированной) по схеме, представленной в табл. 1.

1.2. Мероприятия должны начинаться с немедленного прекращения действия травмирующего фактора (если оно продолжается), для чего может потребоваться спуск страхующего водолаза. Все остальные действия проводятся после подъема водолаза из воды и быстрого полного или частичного освобождения от водолазного снаряжения, которое в необходимых случаях разрезается. Если поднятому на поверхность водолазу показана лечебная рекомпрессия или гипербарическая оксигенация, то оказание помощи проводится как перед помещением в барокамеру, так и в ходе проведения лечебной рекомпрессии или ГБО. При оказании помощи следует учитывать особенности проведения внутривенных инъекций в условиях барокамеры. При тяжелой травме (переломах черепа, позвоночника и др.) для оказания квалифицированной медицинской помощи в лечебно-профилактическом учреждении пострадавшему вызывается специальная реанимационная автомашина или воздушный санитарный транспорт.

1.3. Укладывать пострадавшего, переносить и перевозить следует в положении, при котором максимально исключены вредные воздействия и сотрясения. Правила укладки и переноски пострадавшего при травмах различной локализации и некоторых острых заболеваниях представлены в табл. 2.

1.4. Внезапная потеря сознания, остановка кровообращения и дыхания у водолазов могут быть осложнением таких заболеваний и патологических состояний, как утопление, кислородное голодание, отравление кислородом, углекислым газом и выхлопными газами, баротравма легких, декомпрессионная болезнь, переохлаждение, перегревание, механическая травма.

Потеря сознания возникает в результате нарушения деятельности головного мозга. При потере сознания пострадавший лежит без движения, не отвечает на вопросы, не реагирует на окружающие воздействия.

Таблица 1. Схема мероприятий первой медицинской помощи при неотложных состояниях

Угрожающие факторы для жизни пострадавшего	Первоочередные неотложные мероприятия
1.1. Продолжающееся воздействие травмирующего фактора	Немедленное прекращение действия травмирующего фактора
1.2. Наружные кровотечения	Временная остановка кровотечения
1.3. Остановка дыхания	Обеспечение свободы дыхательных движений и доступа свежего воздуха, искусственная вентиляция легких. При непроходимости дыхательных путей – интубация трахеи, коникотомия или трахеостомия. После оказания помощи эвакуация в лечебно-профилактическое учреждение
1.4. Остановка сердечной деятельности	Непрямой массаж сердца. После оказания помощи эвакуация в лечебно-профилактическое учреждение
Травматические повреждения, заболевания и состояния	Последующие или параллельные мероприятия
2.1. Ранения и ожоги	Закрытие стерильными повязками
2.2. Вывихи и переломы	Транспортная иммобилизация специальными или подручными средствами, доставка в лечебно-профилактическое учреждение
2.3. Боли	Использование анальгетиков, холод на место травмы, покой
2.4. Шок	Первичные противошоковые мероприятия, дыхание кислородом, исключение теплотерьер. Срочная и бережная доставка с сопровождающим в ближайшее лечебное учреждение для оказания квалифицированной помощи
2.5. Декомпрессионная болезнь, баротравма легких, газовые эмболии другого происхождения	Лечебная рекомпрессия
2.6. Гипоксии различного происхождения	Гипербарическая оксигенация

1.5. Основными симптомами остановки сердца и кровообращения являются:

- потеря сознания;
- отсутствие пульса, в том числе на сонных артериях;
- отсутствие сердечных тонов;
- остановка дыхания или внезапное появление дыхания агонального типа;
- бледность или синюшность кожи и слизистых оболочек;
- максимальное расширение зрачков, не реагирующих на свет;
- судороги, которые могут появиться в момент потери сознания.

Эти симптомы убедительно свидетельствуют об остановке кровообращения и требуют немедленного начала реанимационных мероприятий: массажа сердца и искусственной вентиляции легких.

1.6. Реанимация должна проводиться своевременно, правильно и непрерывно. Стандартная схема мероприятий, входящих в реанимацию,

Таблица 2. Правила укладки и переноски пострадавшего при травмах и некоторых острых заболеваниях

Характер поражения	Положение пострадавшего	Способ переноски
Травма головы, области шеи	На спине, при отсутствии сознания голова повернута набок. При травме затылочной области – положение на боку. При повреждении челюстей – положение сидя с некоторым наклоном головы вперед	Стандартные или импровизированные носилки. В бессознательном состоянии транспортировка производится на боку. Под голову кладется подкладной круг или подсобные средства (одежда, одеяло, подушка) для создания из них валика вокруг головы
Травма грудной клетки, отек легких	Сидя или полусидя	Стандартные или импровизированные носилки с валиком из одежды под верхнюю часть туловища
Баротравма легких	Лежа на животе с наклоном вниз головной части носилок	Стандартные или импровизированные носилки
Травма живота	Лежа на боку с приподнятой верхней частью туловища и приведенными к животу ногами	Стандартные или импровизированные носилки
Травма области таза	На ровной твердой поверхности (деревянный щит, широкая доска) на спине с ногами, согнутыми в тазобедренных суставах и в коленях, несколько разведенными в стороны бедрами с подложенным под колени тугим валиком из подушки или одеяла высотой 25–30 см	Переносится на щите без изменения положения. Для предупреждения соскальзывания бедер с валика их фиксируют чем-нибудь мягким (полотенце, бязь и др.)
Травма области спины (позвочника)	На твердой поверхности (деревянный щит, широкая доска) на спине, обеспечение покоя	Стандартные или импровизированные носилки без перекладывания со щита
Травма плеча	Позиция свободная, при общей слабости – сидя или лежа	Самостоятельное передвижение. При общей слабости сидя на руках или на лямках носильщиков
Травма бедра	На спине	Стандартные или импровизированные носилки
Травма голени	Сидя, а при общей слабости – лежа	Лежа – на стандартных или импровизированных носилках, сидя – на руках или лямках носильщиков
Стопа	Позиция свободная	Самостоятельное передвижение при помощи стандартных или импровизированных костылей, сидя на руках или на лямках носильщиков
Обширные ожоги	Лежа на неповрежденной части тела	Стандартные или импровизированные носилки, крайне осторожное обращение
Шок	Лежа на спине	Крайне осторожная транспортировка на спине
Коллапс	Покой лежа с низким положением головы	Стандартные или импровизированные носилки

включает в себя:

- очистку дыхательных путей;
- искусственную вентиляцию легких способом «изо рта в рот» или «изо рта в нос»;
- наружный массаж сердца.

1.7. При невозможности восстановления свободной проходимости дыхательных путей очисткой ротовой полости, правильной укладкой пострадавшего и другими простыми мероприятиями проводятся экстренные способы оказания помощи: интубация трахеи, коникотомия или трахеостомия. Эти манипуляции выполняет врач. Фельдшер может проводить интубацию трахеи под контролем врача. Коникотомия и трахеостомия проводятся при невозможности интубации: выраженном ларингоспазме, отеке гортани, травме челюстей и др. При отсутствии дыхания после коникотомии или трахеостомии проводится искусственная вентиляция легких с помощью ручных или автоматических дыхательных аппаратов.

1.8. В случае осложнения баротравмы придаточных пазух носа или барогипертензионного синдрома носовым кровотечением, которое не удастся остановить обычными методами, может возникнуть необходимость проведения передней или задней тампонады носа.

1.9. При неврологических осложнениях декомпрессионной болезни и баротравмы легких может потребоваться проведение паранефральной блокады, катетеризации или пункции мочевого пузыря для эвакуации его содержимого. При баротравме легких может возникнуть пневмоторакс, требующий пункции плевральной полости.

1.10. В случае отсутствия на месте происшествия врача (фельдшера) независимо от успешности реанимационных мероприятий, других видов неотложной помощи или проведения лечебной рекомпрессии, осуществляемых водолазами, к пострадавшему по возможности должен быть быстро вызван врач (фельдшер) для расширения объема помощи и руководства действиями водолазов.

2. Внутривенные инъекции и перфузии в условиях барокамеры

Внутривенная инъекция пострадавшему водолазу в барокамере осуществляется шприцем (объемом до 20 мл) или с помощью одноразовой системы для переливания лекарственных веществ (более 20 мл), применяемой в клинических условиях.

Внутривенные инъекции с помощью шприца может проводить водолазный врач или фельдшер по указанию врача, а внутривенные инъекции с использованием системы для переливания (рис. 1) — хирург или подготовленный водолазный врач.

Пострадавший в барокамере должен находиться в положении лежа на спине с таким расчетом, чтобы можно было удобно проводить и контролировать венопункцию.

Внутривенная инъекция с помощью шприца проводится в следующем порядке:

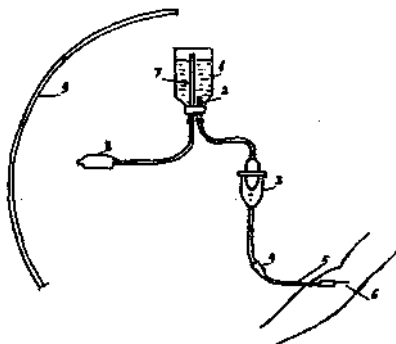


Рис. 1. Система для внутривенных инъекций пострадавшему водолазу в барокамере под давлением.

- 1 — флакон с лекарственным препаратом, 2 — короткая игла, 3 — капельница, 4 — зажим, 5 — резиновая трубка, 6 — инъекционная игла, 7 — длинная игла, 8 — резиновый баллон с невозвратным клапаном (от сфигмоманометра), 9 — стенка барокамеры

- вне камеры в стерильный шприц набирают лекарственный раствор и укладывают на стерильный лоток. Вместе со шприцем укладывают на лоток 2-3 стерильных инъекционных иглы и тампон, смоченный йодонатом или спиртом. Лоток покрывают стерильной салфеткой и помещают в шлюз барокамеры. Одновременно в шлюз барокамеры кладут резиновый жгут и ватную подушечку, обшитую марлей для подкладывания под локоть;

- шлюзуют передаваемое имущество в барокамеру со скоростью до 10-15 м/мин;

- водолазный врач (фельдшер), приняв шприц и принадлежности из шлюза, обрабатывает кожу пострадавшего тампоном, смоченным спиртом, производит венепункцию и вводит лекарственный препарат с соблюдением правил асептики и антисептики.

При необходимости проведения перфузии пострадавшему водолазу с использованием системы для переливания она готовится, как и шприц, вне барокамеры в следующем порядке:

- с резиновой пробки флакона объемом 200-400 мл с лекарственным препаратом снимают металлический колпачок и в пробку вводят стерильную длинную иглу с трубкой, которая предварительно извлекается из полиэтиленового пакета системы для переливания;

- после подготовки флакон с лекарственным препаратом, остальные части системы, резиновый жгут, марлевый тампон, смоченный йодонатом или спиртом, шприце инъекционной иглой и ватная подушечка (подлокотник) передаются на лотке или в биксе через шлюз в барокамеру;

- в барокамере водолазный врач дополнительно вводит короткую иглу от системы для переливания в резиновую пробку флакона, флакон переворачивает вверх дном и подвешивает с помощью марлевых бинтов к какой-либо выступающей части барокамеры, расположенной на 100-150 см выше уровня вены пострадавшего;

- после подвешивания флакона врач заполняет трубки системы жидкостью, обрабатывает кожу пострадавшего тампоном, смоченным спиртом, накладывает жгут и пунктирует локтевую вену инъекционной иглой, насаженной на шприц. Затем снимает жгут, шприц с иглы и подсоединяет систему к инъекционной игле.

Скорость вливания раствора с лекарственным препаратом определяется степенью тяжести состояния пострадавшего. При шоке вливание проводится частой подачей капель вплоть до струи, при детоксикации и коррекции гемостаза проводят длительные медленные вливания от 4 до 10 капель в минуту.

Все манипуляции при использовании системы проводятся в соответствии с Инструкцией по применению системы для переливания.

Если высота размещения флакона недостаточна, то для создания дополнительного давления во флаконе к трубке с длинной иглой присоединяется резиновый баллон с невозвратным клапаном по схеме, представленной на рис. 1. Величина дополнительного давления во флаконе контролируется по частоте капель.

При проведении внутривенных инъекций и перфузии должны соблюдаться следующие меры безопасности:

- все манипуляции по использованию системы должны проводиться с соблюдением правил асептики и антисептики;
- в течение всего периода проведения инъекции должен осуществляться постоянный контроль за системой с целью исключения попадания сжатого воздуха через систему в вену и выпадения иглы из вены;
- в период изменения давления в барокамере перфузия через систему прекращается;
- инъекционная игла в вене может быть оставлена на срок не более 4-6 ч. При необходимости проведения инъекции более 4-6 ч должна быть установлена новая система переливания на другой вене;
- по окончании инъекции иглу быстро извлекают и к месту прокола вены прижимают марлевый шарик, смоченный спиртом. Для предупреждения кровотечения из локтевой вены руку пострадавшего сгибают в локтевом суставе на 2-3 мин;
- перевязочный материал, смоченный спиртом, должен удаляться из барокамеры сразу же после использования с проведением вентиляции барокамеры воздухом.

Осложнения: аэроэмболия, тромбоз вены.

3. Плевральная пункция при пневмотораксе

Осложнением баротравмы легких может быть закрытый, открытый или клапанный пневмоторакс. Закрытый пневмоторакс возможен при перекрытии бронхоплеврального сообщения вследствие спадения легкого. При этом нарастание давления в плевральной полости происходит только во время декомпрессии. Открытый пневмоторакс (рис. 2) характеризуется поступлением воздуха в плевральную полость при вдохе и выходом воздуха из нее при выдохе. При наиболее опасном клапанном пнев-

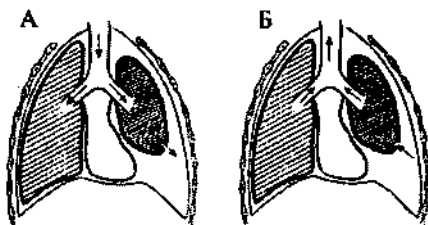


Рис. 2. Схема открытого пневмоторакса:
А - вдох, Б - выдох

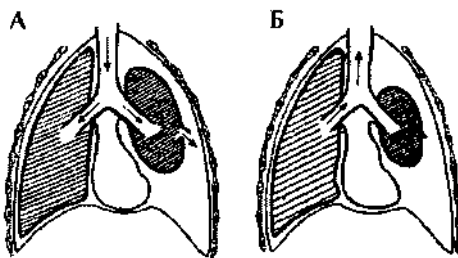


Рис. 3. Схема клапанного пневмоторакса:
А — вдох, Б — выдох

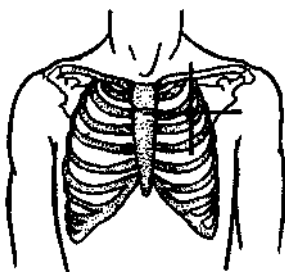


Рис. 4. Место пункции
плевральной полости при
пневмотораксе

мотораксе (рис. 3) атмосферный воздух поступает с каждым вдохом из легкого через разорванный висцеральный листок плевры в плевральную полость, все время повышая в ней давление. Во время выдоха дефект плевры в виде клапана перекрывает отверстие и препятствует выходу воздуха из плевральной полости. Затруднение выхода из плевральной полости расширяющегося при декомпрессии воздуха приводит к еще большему повышению давления, обжатию легкого и ухудшению состояния пострадавшего водолаза.

Пункция проводится по среднеключичной линии во II межреберье (рис. 4).

Пострадавшего укладывают в полусидячее положение или на спину. Кожу в области пункции обрабатывают спиртом и йодом.

Место пересечения второго межреберья и среднеключичной линии инфильтрируют 0,25 %-ным раствором новокаина (10-15 мл) через тонкую иглу для внутримышечных инъекций. Затем длинной иглой (длина 10-20 см, внутренний диаметр 1-1,5 мм) со шприцем емкостью 20 мл, в который набрано 5-6 мл 0,25 %-ного раствора новокаина, пунктируют в этой точке, медленно вводя иглу на глубину 4-6 см, и попадают в плевральную полость. При пневмотораксе через просвет иглы в шприц поступает воздух.

Шприцем отсасывают воздух из плевральной полости, для чего между иглой и шприцем помещают резиновый переходник, пережимаемый зажимом при отсоединении иглы. При клапанном пневмотораксе или при необходимости проведения декомпрессии устанавливают подводный дренаж плевральной полости по Бюлау с помощью резиновой трубки, идущей от введенной в плевральную полость иглы в банку с дезинфицирующим раствором. На дистальный конец трубки, опускаемый под воду, надевают и привязывают напальчник или пальчик от резиновой перчатки с надрезом для прохождения воздуха. При повышении давления в плевральной полости (вдох, кашель, декомпрессия) воздух

выходит через дренажную трубку, а при понижении давления (выдох) подводный клапан не дает воде поступить в плевральную полость через трубку.

Осложнением процедуры может явиться ранение легкого при неправильном выборе точки пункции или при небрежных действиях.

4. Интубация трахеи

Пострадавшему в положении на спине подкладывают под лопатки валик для запрокидывания головы назад. При остановке сердца и дыхания интубацию проводят без применения анестетиков и релаксантов. На конце клинка ларингоскопа должна гореть лампочка для продвижения ларингоскопа под контролем зрения. Правой рукой открывают рот пострадавшего, а левой вводят ларингоскоп по средней линии между нёбом и языком, проводя клинок по языку до его корня и надгортанника (рис. 5).

Концом прямого клинка ларингоскопа подхватывают надгортанник и приподнимают его. В случае использования ларингоскопа, имеющего изогнутый клинок, вводят между корнем языка и надгортанником клюв изогнутого клинка, подводят его под надгортанник и слегка его отжимают. После того, как вход в голосовую щель станет хорошо виден, правой рукой вводят интубационную трубку в трахею на 3-4 см так, чтобы внутренний конец трубки располагался выше бифуркации трахеи. Удаляют ларингоскоп. Осторожно раздувают шприцем манжетку на трубке для герметизации щели между трубкой и стенкой гортани (рис. 6). Укрепляют трубку на лице с помощью лейкопластыря.

В случае отсутствия ларингоскопа проводят интубацию через рот вслепую. Второй и третий пальцы левой руки вводят в полость рта пострадавшего. Достигнув корня языка, третьим пальцем отдавливают вверх лепесток надгортанника, а вторым пальцем перекрывают вход в пищевод (рис. 7). Интубационную трубку проводят правой рукой между ВТО-

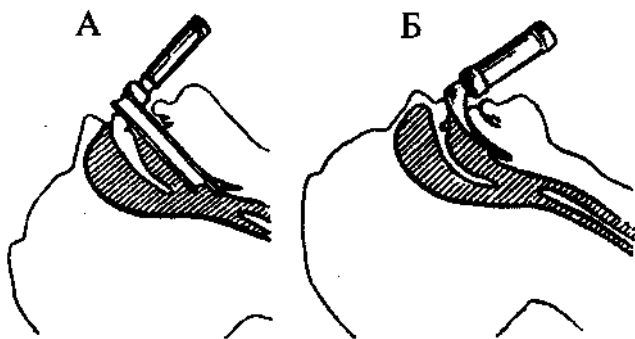


РИС. 5. Ларингоскопия:

А - прямым клинком ларингоскопа (надгортанник под клинком),
Б - изогнутым клинком (надгортанник над клинком)

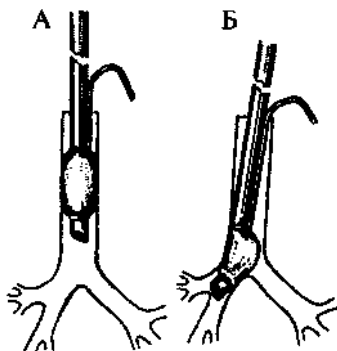


Рис. 6. Положение интубационной трубки в трахее: А — правильное, Б — неправильное

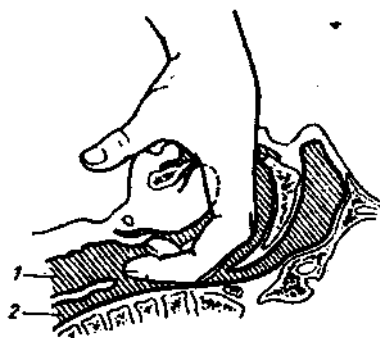


Рис. 7. Положение пальцев при интубации вслепую: 1 — трахея, 2 — пищевод

рым и третьим пальцами левой руки. Движения грудной клетки после начала искусственной вентиляции свидетельствуют о правильности положения интубационной трубки.

Осложнения: слишком глубокое введение трубки (в один из бронхов, чаще в правый).

5. Коникотомия

Закинуть голову пострадавшего назад, нащупать промежуток между щитовидным и перстневидным хрящами. Рассечь скальпелем в поперечном направлении кожу, а затем конусовидную связку между этими хрящами (рис. 8). В образовавшееся отверстие ввести трахеостомическую или любую другую трубку, обеспечив доступ воздуха в трахею.

Преимущества этой манипуляции — простота и быстрота выполнения, минимальное кровотечение, а недостатки — образование перихондрита гортани и плохое заживление раны в дальнейшем.

Осложнения: при слишком глубоком разрезе можно поранить заднюю стенку гортани и пищевод.



Рис. 8. Коникотомия (стрелкой показано место разреза)

6. Трахеостомия

Под плечи (а не под шею) положить валик высотой 12-15 мм, максимально запрокинуть голову пострадавшего назад. Произвести разрез кожи по средней линии шеи, начиная от перстневидного хряща. При необходимости рассечь яремную венозную дугу после предварительной двойной ее перевязки из-за опасности воздушной эмболии. Тупым концом разделить спайку, имеющую вид белой линии, между грудинно-подъязычными мышцами и попасть в подгортанное про-

странство, где отчетливо определяется перстневидный хрящ (рис. 9). Перешеек щитовидной железы отсеснить книзу. Зафиксировать острым трахеостомическим крючком кольцо I трахеи, пересечь кольца II и III. Трахеостомическую трубку ввести под углом 90° к трахее, затем продвинуть ее в глубь трахеи, повернув в продольное положение по ее оси. Трахеостомическую трубку зафиксировать вокруг шеи с помощью марлевой повязки. Сразу аспирировать содержимое дыхательных путей.

Осложнения: кровотечение, повреждение задней стенки гортани и пищевода.

7. Искусственная вентиляция легких

При отсутствии дыхания у пострадавшего водозада после подъема на поверхность его быстро освобождают от снаряжения, укладывают на спину лицом вверх, под область лопаток подкладывают валик из подручных материалов. Оказывающий помощь должен осмотреть пострадавшего и при наличии слизи или посторонних предметов в ротовой полости извлечь их с помощью пальца, обернутого марлевой салфеткой или носовым платком. Для освобождения дыхательных путей голову пострадавшего необходимо отвести назад. Следует при этом помнить, что чрезмерное отведение головы может привести к сужению дыхательных путей. Для более полного открытия дыхательных путей необходимо выдвинуть нижнюю челюсть вперед. При необходимости язык зажимается и удерживается языкодержателем.



Рис. 9. Трахеостомия (стрелкой показано место разреза)



Рис. 10. Искусственная вентиляция легких «изо рта в рот»: А — вдох, Б — выдох



Рис. 11. Искусственная вентиляция легких «изо рта в нос»: А — вдох, Б — выдох

При проведении искусственной вентиляции легких «изо рта в рот» (рис. 10) проводящий реанимацию становится на одно колено сбоку от пострадавшего и, положив одну руку на его лоб, а другую под затылок, запрокидывает голову пострадавшего назад. Затем, сделав глубокий вдох и плотно прижав свой рот ко рту пострадавшего, вдывает в его легкие свой выдыхаемый воздух. При этом рукой, находящейся на лбу пострадавшего, или своей щекой он зажимает нос. Выдох осуществляется пассивно, за счет эластичных сил легких и грудной клетки. Число дыханий в минуту должно быть не менее 12-15. Вдувание должно проводиться быстро и резко с таким расчетом, чтобы продолжительность вдоха была в 2 раза меньше времени выдоха. При осуществлении искусственной вентиляции легких следует предупреждать перераздувание легких у пострадавшего, так как это вызовет повышение внутрилегочного давления, нарушение гемодинамики и может привести к дополнительному повреждению легочной ткани с поступлением воздуха в сосудистую сеть. Объем вдуваемого воздуха не должен превышать 1300-1500 см³. Необходимо следить, чтобы выдыхаемый воздух не привел к перерастяжению желудка, так как в этом случае появляется опасность выделения пищевых масс из желудка и попадания их в дыхательные пути. В случае появления спазма жевательных мышц и невозможности открытия рта проводится искусственная вентиляция легких «изо рта в нос» (рис. 11). При выдыхании в нос рот пострадавшего должен быть закрыт щекой оказывающего помощь или рукой, которая одновременно смещает челюсть вверх для предупреждения западения языка.

Осложнения: переполнение желудка воздухом, баротравма легких, острая эмфизема, напряженный пневмоторакс.

8. Наружный массаж сердца

При наличии у пострадавшего водолеза симптомов остановки сердца проводится наружный массаж сердца. Следует помнить о том, что массаж сердца всегда должен проводиться одновременно с искусственной вентиляцией легких, в результате которой циркулирующая кровь снабжается кислородом. В противном случае реанимация бесполезна.

Противопоказаниями к проведению непрямого массажа сердечной мышцы являются тяжелая травма грудной клетки с переломами ребер и грудины, травма печени, селезенки или ранение сердца.

Сущность наружного массажа сердечной мышцы состоит в ритмичном сжатии сердца между грудиной и позвоночником (рис. 12). При этом кровь изгоняется из левого желудочка в аорту и поступает в головной мозг и другие органы, а из правого желудочка — в легкие, где насыщается кислородом. После того, как давление на грудину прекращается, полости сердца вновь наполняются кровью.

При проведении наружного массажа сердечной мышцы оказывающий помощь становится на одно колено сбоку от пострадавшего и, максимально разогнув одну руку в лучезапястном суставе, кладет ее на ниж-

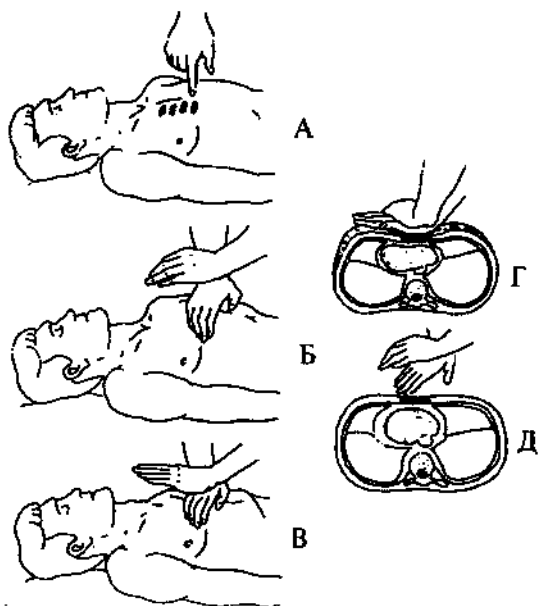


Рис. 12. Наружный массаж сердца:
А — место расположения рук; Б, В — правильное
расположение рук; Г - искусственная систола;
Д — искусственная диастола

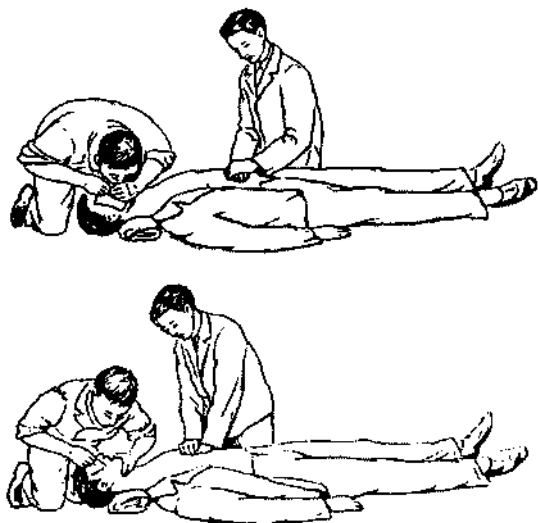


Рис. 13. Сочетание искусственной вентиляции легких
с наружным массажем сердца

ную половину грудины так, чтобы направление пальцев кисти было перпендикулярно продольной оси грудины. Для увеличения силы давления на грудину накладывают кисть второй руки на тыльную поверхность первой, а пальцы обеих рук приподнимают, чтобы не касаться ими грудной клетки при массаже. Обе руки должны быть прямыми, не согнутыми в локтях. В процессе массажа оказывающий помощь надавливает обеими руками на нижнюю треть грудины с частотой 60-80 раз в минуту с такой силой, чтобы прогнуть грудину по направлению к позвоночнику на 4-5 см. Один спасатель чередует два вдувания воздуха с 15 надавливаниями. При наличии двух спасателей на одно вдувание делается 5 надавливаний (рис. 13).

Следует помнить, что грубое проведение наружного массажа сердца может привести к гематоме грудной клетки и тяжелым осложнениям — переломам ребер с повреждением легких и сердца. При сильном надавливании на мечевидный отросток грудины может произойти разрыв желудка и печени.

9. Внутрисердечное введение лекарственных средств

Процедура проводится в случае неэффективности реанимационных мероприятий. Готовят шприц с 5-10 мл 10 %-ного раствора хлорида кальция и 1 мл 0,1 %-ного раствора адреналина. В положении пострадавшего на спине левый желудочек пунктируют тонкой длинной иглой в IV или V межреберье слева на 1-2 см от края грудины. Иглой перпендикулярно передней грудной стенке проходят кожу, подкожную клетчатку и далее на 2,5-5 см вглубь в зависимости от толщины грудной клетки до появления ощущения «провала». При введении иглы постоянно тянут поршень шприца. Если игла в полости сердца, то при натягивании поршня в шприц свободно поступает кровь. Быстро вводят содержимое шприца в полость сердца, после чего возобновляют искусственную вентиляцию легких и непрямой массаж сердца.

Осложнения: введение лекарственных средств в толщу миокарда, ранение легкого с развитием пневмоторакса, ранение коронарных сосудов с развитием гемотампонады.

10. Критерии прекращения мероприятий по реанимации

Проведение искусственной вентиляции легких и наружного массажа сердца продолжается до полного оживления с возвращением у пострадавшего сознания или до решения врача о прекращении оживления. Показателями эффективности реанимационных мероприятий служат:

- появление во время массажа толчков на сонной, бедренной или лучевой артериях;
- порозовение кожи носогубного треугольника (появляется не всегда);
- появление самостоятельных дыхательных движений (что не исключает необходимости проведения искусственной вентиляции легких до восстановления адекватного самостоятельного дыхания);
- сужение зрачков, появление реакции их на свет;
- восстановление сознания.

Если через 30-40 мин от начала массажа сердца, искусственного дыхания и медикаментозной терапии, проводимой врачом (фельдшером), сердечная деятельность не восстанавливается, зрачки остаются широкими без реакции на свет, то можно считать, что в организме наступили необратимые изменения и гибель мозга, вследствие чего дальнейшая реанимация нецелесообразна.

Общепризнанными критериями смерти мозга в условиях нормотермии (при температуре тела не ниже 34 °C) при исключении действия наркотиков являются следующие (Неговский В.А., Гурвич А.М., 1977):

- полное и устойчивое отсутствие сознания;
- устойчивое отсутствие самостоятельного дыхания;
- исчезновение любых реакций на внешние раздражители;
- атония всех мышц;
- исчезновение регуляции температуры тела;

- сохранение тонуса сосудов только благодаря введению сосудистых аналептиков;
- полное и устойчивое отсутствие спонтанной и вызванной электрической активности головного мозга.

Безусловным показанием к прекращению реанимации являются явные признаки смерти: помутнение и высыхание роговиц глаз, похолодание тела, появление трупных пятен и трупного окоченения.

11. Тампонада носа

Тампонада носа проводится при носовых кровотечениях, не прекращающихся после применения обычных гемостатических средств. Чаше проводится передняя тампонада, поскольку носовое кровотечение в 90-95 % случаев происходит из переднего отдела перегородки носа.

Для проведения передней тампонады необходим коленчатый пинцет или носовой корнцанг, марлевые турунды шириной 1,5 см, длиной 7-8 и 20 см, пропитанные вазелиновым маслом, предварительно подогретой кровоостанавливающей пастой, тромбином или гемофибином. Поскольку процедура весьма болезненна, слизистую оболочку носа обезболивают распылением или закапыванием в нос 2 %-ного раствора дикаина или 5 %-ного раствора кокаина. Можно достичь обезболивающего эффекта также внутримышечным введением литической смеси: 2 мл 50 %-ного раствора анальгина и по 1 мл 1 %-ного раствора промедола и 2 %-ного димедрола. Тампонада проводится при передней риноскопии. При кровотечении из переднего отдела перегородки носа вводят последовательно несколько тампонов длиной по 7-8 см в общий носовой ход, прижимая тампоны к перегородке носа, между ней и нижней носовой раковиной. В случае кровотечения из средних или задних отделов полости носа или невозможности определения места кровотечения тампонируют всю половину носа марлевой турундой длиной 20 см в виде петли, в которую вводят 1-2 такие же турунды (рис. 14). Вместо марлевых турунд в полость носа можно ввести сухой тромбин, фибриновую пленку, кровоостанавливающую губку, поролон с антибиотиками, резиновый катетер с отверстиями и укрепленными на нем двумя резиновыми пальчиками, которые раздувают после введения в полость носа.

Задняя тампонада носа выполняется при неэффективности передней тампонады. Для этого необходимы носовой корнцанг, коленчатый пинцет, резиновый катетер, марлевый тампон, сделанный в виде тьюка размерами 3 x 2 см, перевязанного крест-накрест тремя шелковыми нитями с длиной концов до 15 см.

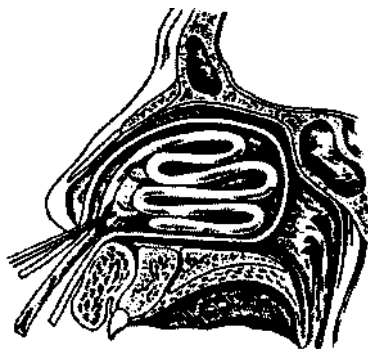


Рис. 14. Передняя тампонада носа

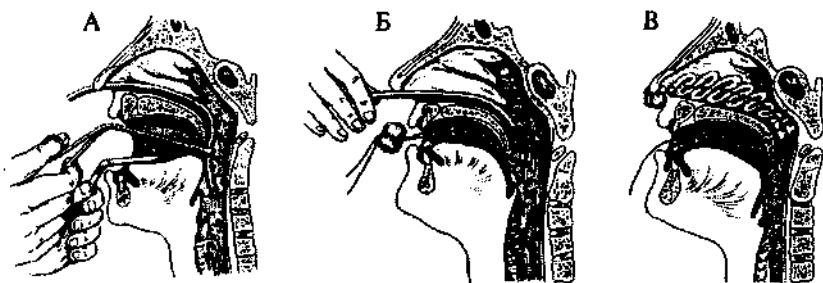


Рис. 15. Этапы задней тампонады носа

После внутримышечного введения литической смеси в переднее носовое отверстие той половины носа, из которой происходит кровотечение, вводят резиновый катетер и продвигают по дну полости носа в носоглотку, а затем - в ротоглотку, пока его конец не появится из-за мягкого нёба. Катетер захватывают корнцангом и выводят из рта (рис. 15 А). К выведенному концу катетера привязывают с помощью 2 шелковых нитей марлевый тампон, после чего продвигают катетер в обратном направлении, вытягивая за конец, выступающий из переднего носового отверстия (рис. 15 Б). Марлевый тампон тягивается в носоглотку и устанавливается у хоан, что контролируется пальцем, введенным через ротовую полость в носоглотку. Удержание тампона в нужном положении осуществляется натяжением двух нитей, извлеченных из переднего носового отверстия вместе с катетером. Третья нить (необходимая для последующего извлечения тампона) вынимается из рта и приклеивается к щеке лейкопластырем. Задняя тампонада дополняется передней, после чего шелковые нити, выступающие из носа, завязываются над марлевым или ватным шариком у входа в нос, что удерживает задний тампон в носоглотке (рис. 15В).

Тампоны после передней или задней тампонады оставляют на 1-2 су-

ток, в течение которых назначают сульфаниламидные препараты или антибиотики для профилактики воспалительных заболеваний.

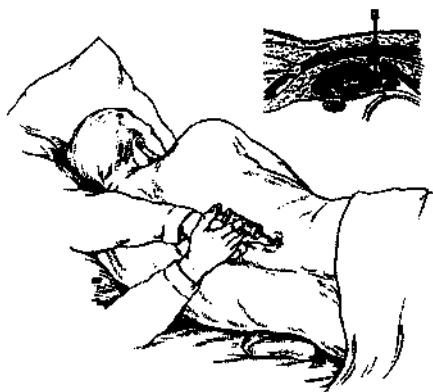


Рис. 16. Паранефральная новокаиновая блокада

12. Паранефральная блокада

Показанием к паранефральной блокаде является парез кишечника, который может быть одним из проявлений газовой эмболии.

Пострадавшего укладывают на бок с валиком под поясничную область (рис. 16). Пальпаторно определяют XII ребро и в месте пересече-

чения поясничных мышц с ребром делают «лимонную корочку». Длинную иглу со шприцем вместимостью 20 мл вводят перпендикулярно к поверхности тела на глубину 8-10 см, посылая вперед струю новокаина. В околопочечную клетчатку вводят около 120 мл 0,25 %-ного раствора новокаина.

Возможное осложнение: повреждение почечного эпителия при глубоком введении иглы. При этом в случае появления крови в игле необходимо подать иглу назад и убедиться в ее правильном положении.

13. Катетеризация мочевого пузыря

Перед введением катетера ватным шариком, смоченным 3 %-ным раствором перекиси водорода, слабым раствором фурациллина или борной кислоты, обрабатывается наружное отверстие мочеиспускательного канала. В левую руку берут половой член, а в правую - эластический катетер, смоченный глицериновым или вазелиновым маслом. Дистальный конец катетера располагают между IV и V пальцами правой руки, а проксимальный конец медленно, без насилия вводят пинцетом в мочевой пузырь.

Катетеризация металлическим катетером должна проводиться исключительно осторожно. Пострадавшего укладывают на спину с валиком под крестцом. После обработки наружного отверстия уретры правой рукой вводят металлический катетер, обращенный клювом вниз, и осторожно продвигают внутрь до наружного сфинктера, повторяя движением катетера анатомический ход уретры. Наружный сфинктер оказывает сопротивление, которое удается преодолеть, расположив катетер с членом строго по средней линии и постепенно опуская его книзу.

Осложнением процедуры при грубом ее проведении может быть повреждение стенки уретры с кровотечением и образованием ложного хода.

14. Надлобковая пункция мочевого пузыря

Пункция мочевого пузыря проводится при невозможности выпустить мочу из мочевого пузыря с помощью эластического или резинового катетера.

После определения верхней границы мочевого пузыря, растянутого мочой, производят послойную анестезию 0,25 %-ным раствором новокаина кожи, подкожной клетчатки, апоневроза, мышц и предпузырной клетчатки на 2 см выше лонного сочленения. Троячком или длинной иглой под углом 90° послойно пунктируют ткани и переднюю стенку мочевого пузыря. Мочу из мочевого пузыря следует выпускать дробно во избежание осложнений (включая кровотечение) вследствие резкого изменения внутрипузырного давления. При пункции троакаром по нему в мочевой пузырь может быть установлен на необходимое время дренаж для постоянного отведения мочи.

Осложнениями процедуры при небрежной пункции могут быть прохождение троакара или иглы в брюшную полость и повреждение кишечника.

МЕТОДИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ 40 %-НОЙ КИСЛОРОДНО-АЗОТНОЙ СМЕСИ

1. 40 %-ная кислородно-азотная смесь (40 % КАС) готовится водолазами под руководством водолазного специалиста и под контролем водолазного врача.

2. Для приготовления 40 % КАС применяется медицинский кислород по ГОСТ 5583-78 и азот по ГОСТ 929-74. Пригодность газов для приготовления смесей определяется водолажным врачом на основании паспортов, прилагаемых к баллонам. Паспортные данные газов заносятся в Журнал водолазных работ.

3. 40 % КАС готовится перепуском и закачиванием с помощью кислородного компрессора кислорода из 40-литрового транспортного баллона в 40-литровый транспортный баллон а азотом.

Необходимое количество добавляемого кислорода определяется с учетом давления в баллоне с азотом, которое не должно превышать 90 кгс/см². Количество кислорода, которое требуется добавить в транспортный баллон с азотом, представлено в табл. 1.

Таблица 1. Количество кислорода, которое необходимо добавить
в баллон с азотом для приготовления 40 % КАС

Давление азота в баллоне, кгс/см ²	50	60	70	80	90
Количество добавляемого кислорода, кгс/см ²	34	40	47	54	60

Если давление азота в транспортном баллоне не кратно 10, то давление добавляемого азота рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{кисл}} = 0,67 \cdot P_{\text{азота}},$$

где $P_{\text{кисл}}$ — количество добавляемого кислорода, кгс/см²; $P_{\text{азота}}$ — давление азота в баллоне, кгс/см².

Пример. Давление азота в транспортном баллоне 82 кгс/см². В него следует добавить кислород: $P_{\text{кисл}} = 0,67 \cdot P_{\text{азота}} = 0,67 \cdot 82 = 54,94 \approx 55$ кгс/см².

4. При отсутствии азота вместо него для приготовления 40 % КАС применяют воздух из 40-литровых транспортных баллонов, подвергшийся очистке с помощью филагра ФВД-200у (ФВД-150у). В воздухе не должно содержаться вредных веществ более предельно допустимых концентраций, приведенных в приложении 13. При этом особое внимание следует уделять содержанию в воздухе углеводородов, что может свидетельствовать о наличии в нем паров масла. Присутствие в воздухе паров масла создает опасность взрыва при ошибочном перепуске воздуха в баллон, содержащий кислород или газовую смесь с высокой концентрацией кислорода. В связи с этим при приготовлении 40 % КАС разрешается добавлять только кислород в сжатый воздух, а не наоборот. Помимо анализа воздуха на вредные вещества (который проводится по методике, изложенной в приложении 13) наличие паров масла

контролируется путем перепуска струи воздуха в течение 4-5 мин на белый лист бумаги. Если содержание углеводов не превышает ПДК и на листе бумаги отсутствуют масляные пятна, то считается, что воздух не содержит паров масла.

Количество кислорода, добавляемого в транспортный баллон с воздухом (исходное давление в котором не должно превышать 110 кгс/см²), определяется по уменьшению давления в транспортном баллоне с кислородом. Количество добавляемого кислорода в зависимости от давления в воздушном баллоне представлено в табл. 2.

Таблица 2. Количество кислорода, которое необходимо добавить в баллон с воздухом для приготовления 40 % КАС

Давление воздуха в баллоне, кгс/см ²	50	60	70	80	90	100	110
Количество добавляемого кислорода, кгс/см ²	17	20	23	27	30	33	37

Если давление воздуха в транспортном баллоне не кратно 10, то добавляемое количество кислорода определяется по формуле:

$$P_{\text{кисл}} = 0,33 \cdot P_{\text{возд}}$$

где $P_{\text{кисл}}$ — количество добавляемого кислорода, кгс/см²; $P_{\text{возд}}$ — давление воздуха в баллоне, кгс/см².

Пример. Давление воздуха в транспортном баллоне 82 кгс/см². В него следует добавить $P_{\text{кисл}} = 0,33 \cdot P_{\text{возд}} = 0,33 \cdot 82 = 27,06 \approx 27$ кгс/см².

5. Анализ приготовленной 40 % КАС на содержание в ней кислорода проводят из каждого баллона отдельно в соответствии с приложением 13. Содержание кислорода должно составлять (40 ± 1) %. Первый анализ 40 % КАС делают через 2-3 ч после приготовления, 2-й — через 1 сутки, 3-й (контрольный) — перед заполнением баллонов дыхательных аппаратов. Качество смеси и ее пригодность для спуска водолазов определяет водолазный врач. Смесь считается пригодной для спусков, если повторный анализ отличается от результатов предыдущего не более чем на 0,5 %. Результаты анализа приготовленной 40 % КАС заносятся в Журнал анализов воздуха, дыхательных газовых смесей, поглотительных и регенеративных веществ.

МАТЕРИАЛЫ ПО ПИТАНИЮ ВОДОЛАЗОВ

Таблица 1. Рацион лечебно-профилактического питания
(по постановлению Госкомтруда СССР и Президиума ВЦСПС
от 7. 01.1977г. №4/п-1)

Наименование продукта	Дневная норма, г (брутто)	Наименование продукта	Дневная норма, г (брутто)
Хлеб пшеничный	100	Мясо	100
Хлеб ржаной	100	Рыба	50
Мука пшеничная	15	Масло животное	15
Крупа, макароны	15	Молоко, кефир	200
Картофель	150	Сметана	20
Овощи	25	Творог	110
Томат-пюре	3	Яйцо	0,25 шт.
Сахар	45	Соль	5
Масло растительное	10	Чай	0,5

Таблица 2. Химический состав и калорийность рациона
лечебно-профилактического питания (округленно)

Белки	65 г
Жиры	45 г
Углеводы	181 г
Калорийность	1428 ккал
Дополнительно выдается витамин С (аскорбиновая кислота)	150 мг

Таблица 3. Примерное 6-дневное меню-раскладка горячих завтраков лечебно-профилактического питания, г

Меню	Хлеб	Хлеб	Мука	Крупа	Кар-	Мор-	Лук	Томат-	Сахар	Масло	Масло	Сме-	Тво-	Яйцо	Го-	Рыба	Чай	Ке-	Вита-
	ржа-	пше-	ни-	и	то-	ков-		пюре		расти-	жигот-	тана	рог		вади-			фир	мин
	ной	ний	чая	мака-	фель-					тельное	ное				на			С	
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1-й день:																			
Творог со сметаной									7,5			15	101						
Мясо тушеное с гречневой кашей			4	46		5	5	12		5	5				112				
Хлеб, масло, чай	100	100							15		10						0,5		
Кефир, витамин С									15									200	0,15
2-й день:																			
Вареники с творогом			50						12		5	30	96	0,5 шт.					
Картофельная запеканка с отварным мясом					300		21			15					161				
Хлеб, масло, чай	100	100							15		10						0,5		
Кефир, витамин С									15									200	0,15
3-й день:																			
Пудинг из творога запеченный				10					15	10			91	0,5 шт.					
Мясо отварное с овощами					200	3	3				5	30			164				
Хлеб, масло, чай	100	100							15		10						0,5		
Кефир, витамин С									15									200	0,15

1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
4-й день:																				
Запеканка из творога				10					10	5		30	142	0,25 шт.						
Рыба отварная или запеченная с картофелем				200						8	5					151				
Хлеб, масло, чай	100	100							15		10						0,5			
Кефир, витамин С									15									200	0,15	
5-й день:																				
Творог со сметаной									7,5			15	101							
Рулет с макаронами запеченный				30						5				0,25 шт.	154					
Хлеб, масло, чай	100	100							15		10						0,5			
Кефир, витамин С									15									200	0,15	
6-й день:																				
Сырники			23						25			15	142							
Рыба жареная с картофелем				200						5	5					154				
Хлеб, масло, чай	100	100							15		10						0,5			
Кефир, витамин С									15									200	0,15	
Итого за 6 дней	600	600	77	96	900	8	30	12	267	51	85	135	673	1,5	591	305	3	1200	0,90	
Округленно за 1 день	100	100	15	15	150	1	6	2	45	10	15	20	110	0,25 шт.	100	50	0,5	200	0,15	

Примечание. Вторые блюда должны быть отварные или запеченные. Необходимо ограничение экстрактивных веществ мяса и рыбы.

Таблица 4. Нормы взаимозаменяемости некоторых пищевых продуктов

Наименование заменяемых продуктов	Масса, кг (брутто)	Наименование заменяющих продуктов	Эквивалентная масса, кг (брутто)
Мясо (говядина)	1	Свинина обрезная	1
		Баранина нежирная	1
		Рыба свежая	1,5
		Рыбное филе	0,75
Яйцо (без скорлупы)	1	Меланж	1
		Яичный порошок	0,28
Молоко цельное	1	Молоко сгущенное	0,46
		Молоко сухое цельное	0,12
		Кефир	1
		Ацидофилин	1
		Простокваша	1
Творог (свежий)	1	Творог сухой	0,35
		Сыр (30 % жирности)	0,5
Масло животное (сливочное)	1	Масло топленое	0,85
Масло растительное	1	Маргарин растительный	1
Сметана	1	Масло сливочное	0,25
Картофель свежий	1	Картофель сушеный	0,2
Овощи свежие	1	Овощи сушеные	0,1

Примечание. Замена мяса (говядины) жирными сортами свинины или баранины, птицей, солониной, соленой рыбой, сельдью и копченостями не допускается.

АНАТОМИЧЕСКИЕ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗДОРОВОГО ЧЕЛОВЕКА

1. Анатомо-физиологические показатели «условного человека»

В связи со значительными индивидуальными колебаниями антропометрических показателей, физического развития, функционального состояния, физиологии различных систем, клинических и лабораторных показателей международными организациями разработана система так называемого «стандартного человека», получившая научное обоснование и широкое признание под общим названием «Параметры условного человека», основные данные из которых представлены в табл. 1. Взрослым считается мужчина старше 20 лет. Возраст условного человека 20–30 лет, масса тела 70 кг. Он живет в умеренном климате.

Таблица 1. Основные параметры условного человека (мужчины)

Органы и ткани	Единица измерения	Параметр
Масса всего тела	кг	70
Рост	см	170
Площадь поверхности тела	см ²	18 000
Относительная плотность тела	—	1,07
Содержание общей жидкости организма на 1 кг массы:	мл/кг	600
в т.ч. внеклеточной жидкости	мл/кг	260
в т.ч. внутриклеточной жидкости	мл/кг	340
Масса мягких тканей тела	кг	60
Масса воды	кг	42
Масса жира	кг	13,5
Масса крови	кг	5,5
в т.ч. масса плазмы крови	кг	3,1
в т.ч. масса эритроцитов	кг	2,4
Объем крови	мл	5200
в т.ч. артериальной крови	мл	1000
в т.ч. венозной крови	мл	3200
в т.ч. легочной крови	мл	500
в т.ч. крови в полостях сердца	мл	500

в т.ч. плазмы крови	мл	3000
в т.ч. эритроцитов	мл	2200
Масса легочной ткани с капиллярной кровью:	г	1000
в т.ч. капиллярной крови	г	530
Площадь поверхности бронхов	см ²	3950
Площадь поверхности альвеол	м ²	75
Общая емкость легких	л	5,6
Жизненная емкость легких	л	4,3
Функциональная остаточная емкость	л	2,2
Мертвое пространство	мл	160
Минутный объем дыхания в покое	л/мин	7,5
Минутный объем дыхания при легкой деятельности	л/мин	20,0
Вдыхаемый кислород	г/сут	920
Выдыхаемый углекислый газ	г/сут	1000
Расход энергии	ккал/сут кДж	3000 12 560
Интенсивность основного обмена на 1 кг массы	ккал/мин Дж/мин	17 71
Общий водный баланс (поступление и выделение)	мл/сут	3000
Объем газов в желудочно-кишечном тракте	мл	500

2. Физиологические параметры здорового человека (мужчины)

В табл. 2, 3 и на рис. 1 представлены физиологические параметры, полученные в результате многочисленных исследований.

Таблица 2. Средние значения пульса и артериального давления

Возраст, лет	Частота пульса, уд/мин	Артериальное давление, мм рт.ст.
10–20	60–90	118/75
20–30	60–65	120/76
30–40	65–68	124/80
40–50	68–72	127/82
50–60	72–80	135/85

3. Показатели физического развития водолазов

В «Инструкции по медицинскому отбору и освидетельствованию водолазов» (1985 г.) имеется указание об использовании для отбора и динамического контроля за изменениями физического состояния водолазов показателей физического развития, приведенных в табл. 4.

Таблица 3. Среднее парциальное давление газов в дыхательных путях в крови и тканях организма при дыхании воздухом на уровне моря

Среда	Парциальное давление газов							
	O ₂		CO ₂		N ₂		H ₂ O	
	мм рт.ст.	кПа	мм рт.ст.	кПа	мм рт.ст.	кПа	мм рт.ст.	кПа
Вдыхаемый воздух	159	19,98	0,03	—	596	79,5	5,7	0,76
Выдыхаемый воздух	116	15,5	32	4,27	565	75,4	47	6,26
Альвеолярный воздух	100	13,3	40	5,33	573	76,43	47	6,26
Артериальная кровь	100	13,3	40	5,33	573	76,43	47	6,26
Венозная кровь	40	5,33	46	6,13	573	76,43	47	6,26
Ткани	30	4,0	50	6,67	573	76,43	47	6,26

Примечание. Под парциальным давлением (напряжением) H₂O в тканях организма, артериальной и венозной крови понимается напряжение водяных паров в газовых пузырьках, образующихся в соответствующих жидких средах.

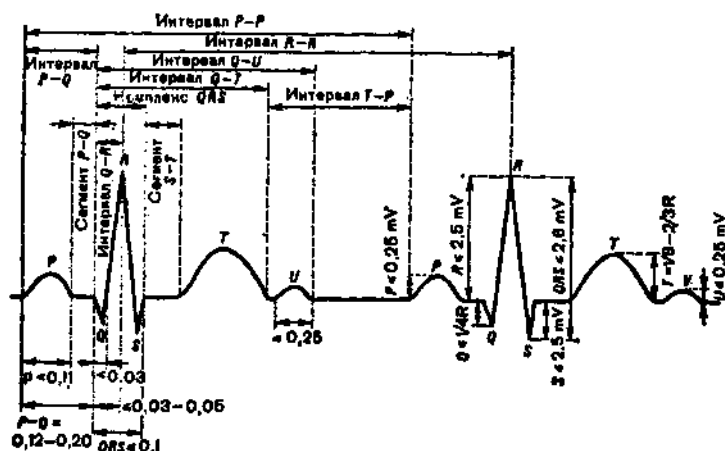


Рис. 1. Компоненты электрокардиограммы и их нормальные величины (в секундах и милливольтах)

Таблица 4. Показатели физического развития водолазов

Показатели	Значения показателей
Рост, см	165–185
Упитанность, г массы тела на 1 см роста	400–450
Становая сила, % от массы тела	Не менее 200
Сила кистей рук, кг:	
правой	Не менее 55
левой	Не менее 50
Жизненная емкость легких, см ³	Не менее 3500

4. Оценка переносимости функциональных нагрузочных тестов

4.1. Для определения переносимости функциональных нагрузок «Инструкцией по медицинскому отбору и освидетельствованию водолазов» (1985 г.) рекомендовано применение ортостатической пробы и пробы со ступенчато возрастающей нагрузкой на велоэргометре. Функциональные пробы имеют важное диагностическое значение в определении физической работоспособности, состояния организма водолаза, переутомления, перенапряжения и перетренированности.

4.2. С помощью ортостатической пробы могут выявляться нарушения регуляции сердечной деятельности и сосудистого тонуса. Данные по методике проведения пробы и ее оценке в «Инструкции по медицинскому отбору и освидетельствованию водолазов» (1985) отсутствуют.

Имеются различные модификации ортостатической пробы. Чаще применяется «активная» ортостатическая проба с самостоятельным переходом обследуемого из горизонтального положения в вертикальное. Когда лежащий человек встает, уменьшается возврат венозной крови к сердцу: содержание крови в ногах увеличивается на 300-800 мл, а объем крови в сосудах малого круга (от правого предсердия до основания аорты) уменьшается на 20 %. Перераспределение крови приводит к уменьшению давления в каротидном синусе, что сопровождается уменьшением систолического выброса. Величина минутного объема крови поддерживается учащением сердечного ритма.

По обычно применяемой методике Schellong (1937) у обследуемого в положении лежа на спине с минутными промежутками подсчитывают частоту пульса в течение 15 с и измеряют АД способом Н.С.Короткова до получения стабильных результатов (но не менее 5 мин пребывания в горизонтальном положении). Методика может быть дополнена записью ЭКГ в стандартных отведениях. Затем обследуемый спокойно поднимается и стоит в течение 10 мин в спокойной, ненапряженной позе. Сразу после перехода в вертикальное положение и затем ежеминутно повторяются исследования, ранее приводимые до вставания. Считается, что по изменениям сердечного ритма и АД в течение первых 30 с можно судить о возбудимости симпатического отдела вегетативной нервной системы. Последующие данные отражают характер восстановления тонуса вегетативной нервной системы. Оценка пробы проводится в соответствии с табл. 5.

Наиболее выраженные изменения сердечной деятельности у здоровых людей при перемене положения тела отмечаются в юношеском возрасте в связи с высокой лабильностью вегетативной нервной системы. Ортостатическая устойчивость повышается при активном занятии такими видами спорта, как гимнастика, акробатика, прыжки в воду, борьба и др. Ортостатическая проба важна для оценки степени изменения регуляции сердечной деятельности при перенапряжениях, перетренированности, после различных заболеваний, что определяет ее пользу при динамических наблюдениях за водолазами, проводимых водолазными врачами и лечебно-профилактическими учреждениями.

Таблица 5. Оценка переносимости ортостатической пробы

Показатели	Переносимость пробы		
	хорошая	удовлетворительная	пониженная
Самочувствие	Хорошее	Хорошее. Могут быть жалобы на незначительную усталость или слабость	Жалобы на выраженную общую слабость, головокружение, чувство жара; потеря сознания или судороги
Внешний вид	Обычный, иногда наблюдается незначительно выраженный цианоз кистей рук	Гипергидроз лица, подмышечных впадин, ладоней, может быть небольшая бледность лица	Резкое побледнение лица, гипергидроз кожных покровов головы, груди, ладоней, выраженное снижение мышечного тонуса
Дыхание	Не изменено	Небольшое учащение или урежение	Одышка, глубокие дыхательные движения
Конечное систолическое давление	Незначительно повышается (не более 10 мм рт.ст.), оставаясь при этом в пределах возрастных величин	Отмечается повышение (не более 15–20 мм рт.ст.) или снижение (не более 10–15 мм рт.ст.)	Выраженное снижение или повышение
Диастолическое давление	Отмечается незначительное снижение или повышение (не более 5–10 мм рт.ст.)	Отмечается незначительное снижение или повышение (не более 5–10 мм рт.ст.)	Отмечается повышение или снижение (не более 10 мм рт.ст.)
Пульсовое давление	Несколько снижается, оставаясь не менее 30 мм рт.ст.	Снижается до 25–20 мм рт.ст.	Отчетливо снижается (менее 20 мм рт.ст.)
Ударный объем сердца	Не изменяется или умеренно снижается (не более 30 % от исходного уровня)	Уменьшается на 40–65 % от исходного уровня (не менее 30–40 мл)	Уменьшается свыше 65 %
Минутный объем крови	Снижается не более чем на 15 % от исходного уровня	Умеренно снижается (на 15–20 % от исходного уровня)	Значительно снижается (более чем на 25 % от исходного уровня)
ЭКГ:			
Ритм сердечных сокращений	Правильный; прирост ЧСС до 20 уд/мин (ЧСС не более 100 уд/мин)	Правильный; прирост ЧСС до 40 уд/мин (ЧСС не более 120 уд/мин)	Выраженная тахикардия, при развитии коллаптоидного состояния переходящая в брадикардию, появление экстрасистол, гетеротопных ритмов и др.
Сегмент ST	Не изменяется	Депрессия до 1 мм	Депрессия более 1 мм
Зубец Т	Снижение амплитуды до 30 % от исходного уровня	Снижение амплитуды до 50 % от исходного уровня, небольшая прекодиальная деформация зубца в одном–трех отведениях	Значительное снижение амплитуды вплоть до изоэлектрического уровня, появление двухволновости, двухфазности и инверсии
Зубец Р	Увеличение амплитуды не более 50 % от исходной	Увеличение амплитуды не более 75 % от исходной	Увеличение амплитуды на 100 % и более от исходной

Для кандидатов в водолазы предпочтительна хорошая переносимость ортостатической пробы, для водолазов со стажем допустима удовлетворительная переносимость.

4.3. Проба со ступенчато возрастающей физической нагрузкой на велоэргометре применяется для определения устойчивости организма к физической нагрузке и выявления скрытых и начальных стадий заболеваний сердца.

Методика проведения пробы: в положении сидя педалирование на велоэргометре начинается с 450 кгм/мин, нагрузка прибавляется через каждые 3 мин на 150 кгм/мин до субмаксимальной мощности (75 %), определяемой с помощью номограммы Р.Шеферда (1969) по частоте сердечных сокращений с учетом возраста и массы тела (рис. 2). Период восстановления прослеживается в течение 10 мин. При выполнении пробы регистрируется АД, ЭКГ и проводится исследование функции внешнего дыхания (газообмен).

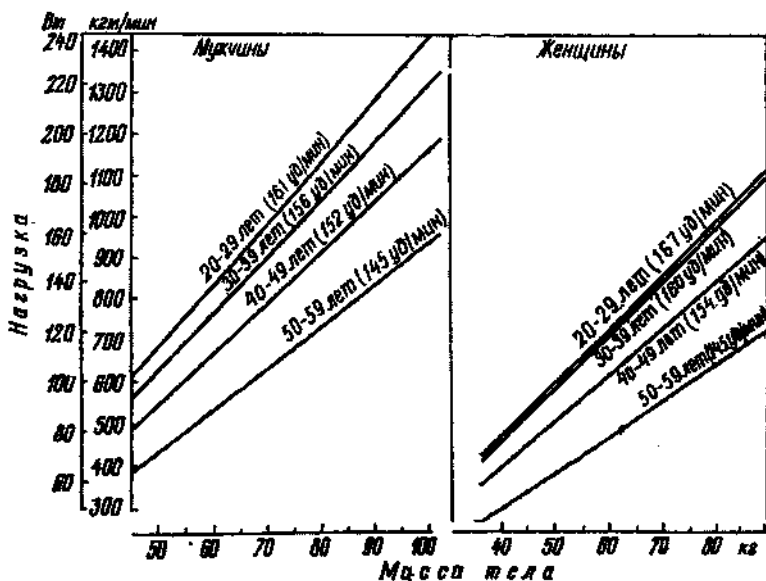


Рис. 2. Субмаксимальный уровень нагрузки и ориентировочная оценка результатов теста на велоэргометре

Оценка пробы проводится в соответствии с табл. 6.

В случае отсутствия аппаратуры для определения показателей газового обмена возможно проведение пробы с физической нагрузкой без определения соответствующих показателей.

Таблица 6. Оценка переносимости пробы со ступенчато возрастающей нагрузкой на велоэргометре

Показатели	Переносимость пробы		
	хорошая	удовлетворительная	пониженная
1	2	3	4
Объем работы: до 50 лет старше 50 лет	10 000 кгм и более 8000 кгм и более	Не менее 7000 кгм Не менее 6000 кгм	Менее 7000 кгм Менее 6000 кгм
Самочувствие	Хорошее	Общее состояние достаточно хорошее. Жалобы на небольшую усталость	Жалобы на общую слабость. Головокружение, усталость вплоть до отказа продолжать педалирование
Внешний вид	Обычный, иногда небольшой гипергидроз	Покраснение лица, умеренный гипергидроз	Значительное покраснение лица или побледнение (тенденция к обмороку), выраженный гипергидроз
Дыхание	Адекватное	Напряженное, с включением вспомогательной мускулатуры	Выраженная одышка
Газообмен	Параллелизм между ростом нагрузки и величиной легочной вентиляции, потреблением O_2 (ПК) и ЧСС. Возрастание коэффициента использования O_2 (KIO_2) в течение всей пробы. $P = 30$ мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹	Постоянный уровень IO_2 или небольшое снижение его к концу нагрузки. ПК более 25 мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹	Снижение KIO_2 при нагрузке 600–750 кгм/мин. ПК менее 25 мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹
Кислородный пульс	Более 13 мл/уд	10–13 мл/уд	Менее 10 мл/уд
Систолическое давление	До 190 мм рт.ст.	До 200 мм рт.ст.	Свыше 220 мм рт.ст. или снижение при нарастании физической нагрузки
Диастолическое давление	Без динамики или изменяется в пределах ± 10 мм рт.ст. от исходного уровня	Понижение на 15 мм рт.ст. от исходного уровня	Понижение на 20 мм рт.ст. и более от исходного уровня

1	2	3	4
ЭКГ:			
Ритм	Синусовый, возможны единичные экстрасистолы (не более 1 % от ЧСС) в покое, исчезающие при физической работе	Синусовый, появление единичных монотопных экстрасистол (не более 5 % от ЧСС) при физической нагрузке при условии нормальных показателей холестерина обмена и отсутствии патологических изменений сердца, выявляемых другими методами	Синусовый, появление единичных монотопных экстрасистол (не более 1 % от ЧСС) при физической нагрузке; групповые и политопные экстрасистолы, гетеротопные водители ритма, мигрирующий ритм, нарушение внутрисердечной проводимости
Зубец Т	Без динамики или увеличение амплитуды	Снижение амплитуды до 50 % от исходного уровня, небольшая деформация зубца переходящего характера	Снижение амплитуды более 50 % от исходного уровня вплоть до изоэлектрического уровня и инверсии, повышение в 3 раза и более от исходного уровня, заострение, возможна деформация диффузного характера
Сегмент ST	Без динамики, косовосходящее (типа соединения) снижение не более 1,0 мм	Косовосходящее (типа соединения) снижение не более 1,5 мм при отношении $Q-S/Q-T$, равном 50 % или меньше	Косовосходящее (типа соединения) снижение более 1,5 мм при отношении $Q-S/Q-T$ больше 50 %, горизонтальная депрессия 1 мм и более от исходного уровня

Таблица 7. Показатели периферической крови

Показатель	Единица измерения	Нормальное значение
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)	мм/ч	1–10
Гемоглобин	г/л	130–160
Цветовой показатель	—	0,86–1,05
Количество эритроцитов	в 1 л	$(4–5,1) \cdot 10^{12}$
Количество лейкоцитов	в 1 л	$(4–8,8) \cdot 10^9$
Лейкоцитарная формула:		
миелоциты		Отсутствуют
метамиелоциты		Отсутствуют
палочкоядерные	в 1 л %	$(0,04–0,30) \cdot 10^9$ 1–6
сегментоядерные	в 1 л %	$(2,0–5,5) \cdot 10^9$ 47–72
эозинофилы	в 1 л %	$(0,2–0,3) \cdot 10^9$ 0,5–5
базофилы	в 1 л %	$(0–0,065) \cdot 10^9$ 0–1
лимфоциты	в 1 л %	$(1,2–3,0) \cdot 10^9$ 19–37
моноциты	в 1 л %	$(0,09–0,6) \cdot 10^9$ 3–11
плазматические клетки		Отсутствуют
Количество тромбоцитов	в 1 л	$(180–320) \cdot 10^9$
Количество ретикулоцитов	%	0,2–1,2
Время свертывания крови	мин	4–10
Время кровотечения	мин	До 7

5. Клинико-биохимические показатели

В приведенных ниже таблицах представлены допустимые пределы показателей лабораторных клинико-биохимических исследований, предусмотренных «Инструкцией по медицинскому отбору и освидетельствованию водолазов» (1985 г.) и Личной медицинской книжкой водолаза.

Таблица 8. Показатели общеклинического исследования мочи

Показатель	Нормальное значение
Количество мочи за сутки	800–1500 мл
Относительная плотность в утренней порции	1002–1030
Цвет	Соломенно-желтый
Прозрачность	Прозрачная, слегка мутная
Реакция	Нейтральная, слабокислая, слабощелочная
pH	$6,25 \pm 0,36$
Белок	Отсутствует или следы
Сахар	Отсутствует (не более 0,2 %)
Ацетон	Отсутствует
Индикан	Отсутствует
Уробилин	Отсутствует
Желчные пигменты	Отсутствуют
Микроскопическое исследование осадка мочи:	
плоский эпителий	Незначительное количество
переходный эпителий	Отсутствует
почечный эпителий	3–5 в поле зрения
лейкоциты	Единичные в препарате
эритроциты	Отсутствуют
цилиндры	Незначительное количество
слизь	Отсутствует или незначительное количество
бактерии	Не более 50 000 в 1 мл
неорганический осадок	При кислой реакции – кристаллы мочевой кислоты, ураты; при щелочной реакции – аморфные фосфаты, мочеислый аммоний, трипельфосфаты; оксалаты – при любой реакции мочи. Все соли определяются в незначительном количестве

Таблица 9. Показатели биохимических исследований крови

Показатель	Единица измерения	Нормальное значение
1	2	3
Глюкоза: плазмы цельной капиллярной крови	ммоль/л ммоль/л	4,22–6,11 3,38–5,55
Холестерин: общий альфа-липопротеидов	ммоль/л ммоль/л	< 5,2 > 0,9
Бета-липопротеиды	Ед.	До 55
Общий белок	г/л	65–85
Альбумин	г/л	35–50
Креатинин	мкмоль/л	44–115
Мочевина		
Билирубин: общий прямой непрямой (свободный)	мкмоль/л мкмоль/л мкмоль/л	8,5–20,5 0–5,1 3,40–18,80
Натрий плазмы	ммоль/л	130–156
Калий плазмы	ммоль/л	3,4–5,3
Кальций плазмы	ммоль/л	2,2–2,75
Хлориды плазмы	ммоль/л	97–108
Время кровотечения	мин	До 3
Время свертывания крови	мин	6–8
Протромбиновый индекс	%	80–105
pH: капиллярной крови венозной крови	– –	7,37–7,45 7,32–7,42
Напряжение CO ₂ (pCO ₂): в капиллярной крови в венозной крови	мм рт.ст. мм рт.ст.	35–48 42–55
HCO ₃	ммоль/л	21–26
Буферные основания (В.В.)	ммоль/л	43,7–53,6
Избыток оснований (В.Е.)	ммоль/л	0±2,3
Насыщение кислородом венозной крови	мм рт.ст.	37–42
Насыщение кислородом артериальной крови	% кПа мм рт.ст.	95–98 8,7–12,7 65–95
Щелочная фосфатаза	Ед/л	36–190
Амилаза	Ед/л	25–125

1	2	3
Антигиалуронидаза	Ед	До 300
Антистрептолизин-О	МЕ/мл	До 250
С-реактивный белок		Отсутствует
Уровень иммуноглобулинов в сыворотке:		
IgM	г/л	0,5–2,0
IgG	г/л	7,0–20,0
IgA	г/л	0,7–5,0
IgE	кЕ/л	76±9
Ингибитор трипсина	мг%	200–250
Белковосвязанный йод	мкг/100 мл	6–8
Электрофорез белков:		
альбумины	% общ. белка	48–61
α1-глобулины	— “ —	2,5–5
α2-глобулины	— “ —	8–11
α2-глобулины	— “ —	11–15
γ-глобулины	— “ —	16–25
Остаточный азот, в т.ч.:	мг%	25–35
азот мочевины	% от ост. N ₂	50
азот аминокислот	— “ —	25
азот эрготионеина	— “ —	8
азот мочевой кислоты	— “ —	4
азот креатинина	— “ —	5
азот аммиака и индикана	— “ —	0,5
Сахарный профиль с нагрузкой	%	40–60
Комплемент	Ед/мл	35–42

Примечание. Для оценки сахарных кривых сахарного профиля с нагрузкой используется коэффициент Бодуэна:

$$\frac{B-A}{A} \cdot 100 \%,$$

где: А - уровень сахара в крови натощак, В - максимальное содержание сахара в крови после нагрузки. Значение коэффициента Бодуэна выше 80 % свидетельствует о серьезном нарушении углеводного обмена.

Таблица 10. Показатели биохимических исследований мочи

Показатель	Единица измерения	Нормальное значение
Креатинин	ммоль/сут	4,4–17,7
Мочевина	ммоль/л	330–580
Амилаза	Ед/л	10–490
Натрий	ммоль/сут	До 340
Калий	ммоль/сут	До 100
Кальций	ммоль/сут	2,2–7,5
Хлориды	ммоль/сут	150–2500

**ТАБЛИЦЫ РЕЖИМОВ ДЕКОМПРЕССИИ
ВОДОЛАЗОВ И ИНСТРУКЦИЯ
ПО ИХ ПРИМЕНЕНИЮ**

1. Представленные режимы декомпрессии (табл. 1-4) предназначены для предупреждения декомпрессионной болезни у водолазов при спусках под воду:

- рабочие режимы декомпрессии водолазов при спусках на глубины 12-60 м с применением для дыхания воздуха, а при декомпрессии с выдержками под давлением 15 м и меньше воздуха или кислорода (табл. 1);
- аварийные режимы декомпрессии водолазов при спусках на глубины 15-60 м с экспозицией на грунте до 360 мин с применением для дыхания воздуха (табл. 2);
- аварийные режимы декомпрессии при спусках на глубины 63-80 м с применением для дыхания воздуха (табл. 3);
- рабочие режимы декомпрессии водолазов при спусках на глубины до 42 м с применением для дыхания 40 %-ной кислородно-азотной смеси (40 % КАС) (табл. 4).

Режимы декомпрессии водолазного состава и медицинского персонала при тренировках в барокамере с применением для дыхания воздуха представлены в п. 7.4 «Организация и методика проведения тренировочных спусков в барокамере».

Рабочие режимы декомпрессии водолазов при спусках на глубины 12-60 м в условиях высокогорья с применением для дыхания воздуха и кислорода приведены в приложении 1 «Межотраслевых правил по охране труда при проведении водолазных работ. Часть II. Медицинское обеспечение водолазов».

2. Рабочие режимы табл. 1 и 4 применяются при спусках водолазов под воду из условий нормального атмосферного давления. Аварийные режимы декомпрессии табл. 2 применяются только при фактической аварийной задержке водолазов на глубинах до 60 м сверх экспозиций, указанных в режимах табл. 1. Аварийные режимы декомпрессии табл. 3 применяются только при фактических аварийно-спасательных работах на глубинах от 63 до 80 м, связанных со спасением людей.

3. В таблицах 1-4 режимов декомпрессии указаны глубина спуска в метрах, время пребывания водолаза на грунте в минутах, время перехода с фута на глубину первой остановки, глубины остановок и время выдержек на них при дыхании воздухом и кислородом или 40 % КАС. В последних столбцах таблиц указано общее время декомпрессии при дыхании воздухом, воздухом и кислородом или 40 % КАС.

4. Режим декомпрессии определяется отдельно для каждого спускающего водолаза. При выборе режимов декомпрессии необходимо учитывать следующие факторы:

- глубину спуска и время пребывания водолаза под наибольшим давлением (на грунте);

- конкретные условия водолазного спуска (дыхательную газовую смесь, скорость подводного течения, температуру воды, характер грунта) и интенсивность выполнения водолазом на грунте работы;

- индивидуальные особенности водолаза (предрасположенность к декомпрессионной болезни, опыт работы под водой, уровень физической тренированности, состояние водолаза перед погружением).

5. Глубина спуска водолаза определяется по длине спускового конца с выбранной у него слабиной и контролируется по водолазному манометру после временного (на 0,5 мин) прекращения подачи воздуха водолазу, на что предварительно необходимо получить у него разрешение. При наличии эхолота и водолазных глубиномеров эти приборы также должны использоваться для контроля глубины погружения.

6. При пользовании режимами декомпрессии (табл. 1-4) время пребывания водолаза на грунте исчисляется с начала погружения водолаза под воду до начала подъема его с грунта. При несовпадении фактической глубины спуска или времени пребывания на фунте с табличными значениями режим декомпрессии выбирается следующим образом:

- при несовпадении фактической глубины погружения с табличными значениями берется ближайшее табличное значение глубины, превышающее фактическое;

- при несовпадении времени пребывания на фунте берется ближайший режим для той же глубины погружения, но с более длительным временем пребывания под водой.

Пример. При фактической глубине спуска 46 м и фактическом времени пребывания на фунте 26 мин выбирают режим декомпрессии для глубины 48 м и экспозиции на фунте 35 мин.

7. Режимы декомпрессии, выбранные в соответствии с п. 6, считаются основными режимами декомпрессии при отсутствии других неблагоприятных условий водолазного спуска. При наличии неблагоприятных условий водолазного спуска, а также в случае спусков малотренированных водолазов и водолазов, предрасположенных к декомпрессионным заболеваниям, декомпрессия проводится по удлинненному режиму, которым считается режим, расположенный строчкой ниже основного в табл. 1-4.

Малотренированными считаются водолазы, проходящие первоначальную отработку глубин до 60 м, а также те водолазы, предыдущий спуск которых на достигнутую глубину проводился более 45 суток назад. Предрасположенными к декомпрессионной болезни считаются водолазы, неоднократно перенесшие декомпрессионную болезнь после спусков с соблюдением режимов декомпрессии. Неблагоприятными условиями водолазных спусков являются низкая температура воды у поверхности (ниже 10 °С) и выполнение тяжелой работы на фунте.

Пример. Водолаз спускался на глубину 40 м с экспозицией на фунте 30 мин и выполнял на фунте очень тяжелую работу. В соответствии с фактической глубиной спуска и экспозицией на грунте основной режим, представленный в табл. 1, соответствует режиму для глубины 42 м и экспозиции на фунте 35 мин. Поскольку водолаз выполнял на фунте очень тяжелую работу, декомпрессия должна проводиться по удли-

ненному режиму (строчкой ниже), т.е. по режиму для глубины 42 м с экспозицией на фунте 45 мин.

8. Декомпрессия водолазов при экспозициях на фунте, указанных в табл. 1 ниже жирной пунктирной черты, должна проводиться только по удлинненным режимам. Режимы без обозначения экспозиции на фунте, расположенные последними в фуппе режимов для каждой глубины пофужения в табл. 1 и 4, являются удлинненными относительно режимов, расположенных строчкой выше.

9. Подъем водолаза с глубины на первую остановку производится равномерно со скоростью не более 8 м/мин и должен точно соответствовать времени подъема, указанному в таблице. В тех случаях, когда время подъема на первую остановку было меньше времени, указанного в режиме декомпрессии, следует время выдержки на первой остановке увеличить на величину неиспользованного времени подъема.

10. Декомпрессия водолаза проводится с точным соблюдением глубин остановок и времени выдержек на остановках. Точность удержания глубин (давлений) должна быть в пределах ± 1 м. Время, затрачиваемое на переход водолаза с остановки на остановку (1 мин), учитывается как время выдержки на очередной остановке.

11. Декомпрессия водолазов может проводиться как полностью в воде (декомпрессия в воде), так и с использованием барокамеры (декомпрессия на поверхности). Глубины, с которых разрешается поднимать водолаза на поверхность для проведения декомпрессии на поверхности, в таблицах режимов отмечены звездочкой (*).

12. В случае проведения декомпрессии в воде используется водолазная беседка или специальная декомпрессионная беседка. Декомпрессионная беседка изготавливается из двух концов растительного троса, между которыми на расстоянии 3 м друг от друга закрепляются балясины (ступеньки) из досок, на которых водолазы могут отдыхать. К нижней части беседки крепится балласт массой не менее 30 кг, придающий ей вертикальное положение. Декомпрессионная беседка спускается в воду с таким расчетом, чтобы нижняя балясина беседки находилась на глубине первой остановки. При выдержках на остановках водолазы должны сидеть спокойно, без напряжения, периодически изменяя положение тела во избежание обжатия и сдавливания участков тела снаряжением и декомпрессионной беседкой.

13. Декомпрессия на поверхности может применяться во всех случаях при пофужениях водолазов на глубины до 45 м. При спусках водолазов на глубины более 45 м указанный способ декомпрессии разрешается применять в следующих случаях:

- при экспозиции на фунте не более 25 мин;
- при выполнении срочных аварийно-спасательных работ;
- при наличии неблагоприятных условий пребывания водолаза под водой (переохлаждение, укачивание, плохое самочувствие и т.д.).

Водолазы, имеющие повышенную индивидуальную предрасположенность к декомпрессионной болезни, к подъему по способу декомпрессии на поверхности не допускаются.

Использование способа декомпрессии на поверхности основано на способности организма удерживать в течение некоторого времени избыточно растворенный азот в состоянии пересыщения. При осложненных условиях способ может быть рекомендован как предпочтительный, хотя декомпрессия на поверхности представляет в действительности неблагоприятное вмешательство в нормальное течение процессов насыщения тканей организма от азота. Безопасность проведения декомпрессии на поверхности обеспечивается высокой организацией проведения таких спусков, при которой время от момента подъема водолаза с глубины на поверхность и помещение в барокамеру под давление, соответствующее глубине последней остановки в воде, должно быть минимально возможным и не превышать 6 мин.

14. Декомпрессия на поверхности проводится в следующей последовательности. По окончании времени пребывания на грунте водолаза поднимают на водолазной беседке до глубины 1-й остановки или он по команде руководителя спуска самостоятельно по спусковому концу поднимается до 1-й балаясины декомпрессионной беседки. Далее по команде руководителя спуска водолаз последовательно проходит выдержки на остановках до глубины, обозначенной в таблицах режимов звездочкой (12,9 или 6 м). К моменту подъема водолаза на глубину этой остановки барокамера должна быть готова к приему водолаза и к повышению в ней давления воздухом. На палубе должна быть выделена группа водолазов (2-4 человека) для обеспечения быстрого подъема водолаза из воды на палубу плавсредства или на гидротехническое сооружение и освобождения водолаза от шлема, грузов, водолазных галош и водолазной рубахи.

По окончании выдержки под водой, отмеченной звездочкой, водолаза поднимают безостановочно на поверхность. Время от момента подъема водолаза с последней остановки под водой до создания соответствующего давления в барокамере не должно превышать 6 мин.

15. Декомпрессия на поверхности производится в следующем порядке:

- после выхода водолаза из воды его быстро раздевают. В снаряжении с открытой схемой дыхания водолаз может помещаться в барокамеру в гидрокомбинезоне (гидрокостюме). При снятии вентилируемого снаряжения в случае, если предвидится превышение 6 мин от момента подъема водолаза с последней остановки под водой до момента создания необходимого давления в барокамере, водолаз помещается в барокамеру в водолазной рубахе, а его раздевание при продолжительной декомпрессии производит водолаз-раздевальщик;
- после раздевания водолаз быстро заходит в барокамеру;
- в барокамере создается давление воздухом, соответствующее глубине последней остановки под водой, и после 10-минутной выдержки на ней проводится декомпрессия по избранному режиму;
- в случае намочения водолазного белья водолаз переодевается в барокамере;
- после снижения давления до атмосферного водолаз выходит из барокамеры, после чего она готовится к повторному использованию.

При вынужденной задержке до создания необходимого давления в барокамере продолжительностью до 8 мин при отсутствии у водолаза признаков декомпрессионной болезни давление в камере повышается на 2 остановки глубже той, с которой водолаз выходил из воды наверх. Под этим давлением водолаз выдерживается 10 мин, после чего проводится декомпрессия по удлинённому режиму (строчкой ниже).

Пример: Водолаз проработал 40 мин на глубине 32 м. При подъёме по режиму декомпрессии 33 м — 45 мин он сделал выдержку под водой 8 мин на 9 м, был поднят наверх и через 7 мин от начала подъёма из воды помещён в барокамеру. Давление в камере на 8-й мин повышено до 15 м и после 10-минутной выдержки декомпрессия продолжена по режиму 33 м — 60 мин: давление снижено до 12 м — выдержка 12 мин, на 9 м — 14 мин, на 6 м — 17 мин и на 3 м — 26 мин.

16. Подъём водолаза на поверхность можно также проводить и с других остановок, меньше отмеченных в таблице режимов звездочкой. При этом исходное давление, создаваемое в барокамере, должно соответствовать глубине, с которой водолаза будут поднимать на поверхность. Время выдержки под этим давлением должно равняться также 10 мин. После окончания указанной выдержки дальнейшую декомпрессию продолжают в соответствии с принятым ранее режимом декомпрессии.

17. Декомпрессия на поверхности без проведения выдержек под водой может проводиться только в том случае, когда глубина первой остановки в выбранном режиме декомпрессии составляет 3 м.

При таком способе декомпрессии водолаза после окончания времени пребывания на фунте поднимают сразу на палубу плавсредства или гидротехнического сооружения, освобождают от снаряжения и помещают в барокамеру под давление 3 м вод.ст. При этом для профилактики декомпрессионной болезни под указанным давлением делается выдержка в соответствии с выбранным режимом, но не менее 10 мин.

Время с момента достижения водолазом глубины 3 м под водой до создания соответствующего давления в барокамере не должно превышать 6 мин.

18. Если водолаз при подъёме по режиму декомпрессии пропустил одну или две остановки, то его необходимо как можно быстрее спустить на остановку, расположенную на 3 м глубже 1-й остановки, указанной в выбранном режиме. На этой остановке водолаза выдерживают 5 мин и дальнейшую декомпрессию проводят по режиму, указанному в таблице на одну строчку ниже ранее выбранного режима.

Если водолаз пропустил все остановки и всплыл на поверхность, то его необходимо быстро перевести в барокамеру для лечебной рекомпрессии, соблюдая правила, изложенные в п. 6.1.4.5 данной книги.

19. В табл. 1 режимов декомпрессии время дыхания кислородом на каждой остановке от 15 до 0 м обозначено в скобках. В табл. 4 время дыхания кислородом не указано, поскольку на любой глубине остановок допускается замена 40 % КАС на кислород без изменения времени выдержек на остановках.

20. Для проведения кислородной декомпрессии в барокамере могут ис-

пользоваться кислородные ингаляторы, аппараты с замкнутой схемой дыхания (ИДА-57, ИДА-72Д2 и др.) или стационарная дыхательная система барокамеры. При этом концентрация кислорода в барокамере по соображениям пожарной безопасности не должна превышать 25 %. При использовании кислородных ингаляторов с открытой схемой дыхания или вышеупомянутых аппаратов с отсоединенной трубкой выдоха расчет вентиляции барокамеры для исключения накопления кислорода более 25 % проводится в соответствии с п. 3.1.5 приложения 1. При применении аппаратов с замкнутой схемой дыхания время дыхания кислородом исчисляется с момента окончания 5-кратной промывки системы «аппарат—легкие» в соответствии с требованиями п. 3.5.3 настоящей книги. Время, затраченное на 5-кратную промывку, считается временем дыхания воздухом. Первая однократная промывка проводится через 5 мин после окончания 5-кратной промывки. Следующие однократные промывки делаются через каждые 20 мин. При появлении первых признаков токсического действия кислорода (кашель, боли за грудиной, онемение кончиков пальцев рук и ног, сужение полей зрения и др.) дыхание кислородом должно быть немедленно прекращено с соответствующим пересчетом времени выдержек по режимам табл. 1 из расчета: 1 мин дыхания кислородом = 2 мин дыхания воздухом.

21. При выборе режимов декомпрессии для повторных спусков в течение 1 суток на одну и ту же глубину к экспозиции на грунте каждого последующего спуска прибавляют экспозицию на грунте предыдущего спуска (спусков). С учетом этого выбирается режим по табл. 1.

Пример. Проводили в течение 1 суток 3 спуска на воздухе на глубину 18 м с экспозицией на грунте по 25 мин. Для 1-го спуска режим декомпрессии позволяет проводить подъем на поверхность за 3 мин без выдержек на остановках, для 2-го спуска - по 2-й строчке режима (60 мин для глубины 18 м) с общим временем декомпрессии 7 мин, для 3-го спуска - по 3-й строчке (80 мин для глубины 18 м) с общим временем декомпрессии 16 мин.

22. В случае проведения повторного в течение суток спуска на глубину, отличающуюся от глубины предыдущего спуска, декомпрессия проводится по режиму для наибольшей глубины из обоих спусков и суммарной экспозиции на грунте. Суммарная экспозиция не должна превышать экспозиции, предусмотренной табл. 1 в максимальном режиме декомпрессии для глубины последнего спуска, расположенного выше жирной пунктирной черты.

Пример. Первый спуск выполнен на глубину 51 м с экспозицией на грунте 20 мин. Повторный спуск проведен на глубину 35 м с экспозицией на грунте 25 мин. Декомпрессия при повторном спуске должна проводиться по режиму для глубины 51 м с экспозицией на грунте 45 мин (20 мин + 25 мин). Максимальная суммарная экспозиция 2 погружений не должна превышать 60 мин.

23. В случае появления признаков декомпрессионной болезни до помещения водолаза в барокамеру или в ходе декомпрессии на поверхности проводится лечебная рекомпрессия в соответствии с требованиями п. 8.2.6 данной книги.

Таблица 1. Рабочие режимы декомпрессии водолазов при спусках на глубины 12-60 м с применением для дыхания воздуха и кислорода

Глубина спуска, м	Экзотизация на грунте, мин	Время перехода на первую остановку, или на позицию на поверхности, мин	Глубины остановок, м												Общее время декомпрессии при дыхании		
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3			
			Время выдержек на остановках, мин												воздух, ч, мин	кислород, ч, мин	
			при дыхании воздухом					при дыхании воздухом (кислородом)									
12	360	2														02	
15	105	2														02	
	145	2													10(5)	12	07
	180	2													14(7)	16	09
	240	2												3(2)*	15(8)	20	12
18	45	2													10(5)*	28	15
	60	2															
	80	2													5(3)	03	05
	105	2												3(2)*	14(7)	16	09
21	145	2													18(9)	23	12
	180	2												8(4)*	20(10)	30	16
		2												8(4)*	26(13)	36	19
		2											5(3)*	18(9)	23(12)	48	26
24	35	2														03	
	45	2													5(3)	08	06
	60	2													17(9)	20	12
	80	2												8(4)*	17(9)	27	15
27	105	2												7(4)*	21(11)	41	23
	145	2												8(4)*	29(15)	53	28
	180	2											3(2)*	19(10)	31(16)	07	36
		2											10(5)*	24(12)	36(18)	30	46

Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин	Время перехода на первую остановку или на поверхность, мин	Глубины остановок, м										Общее время декомпрессии при дыхании			
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	воздух-ком. ч. мин	и O ₂ ч. мин
			Время выдержек на остановках, мин										при дыхании возд. ком. (кислородом)			
			при дыхании воздухом					при дыхании возд. ком. (кислородом)								
24	25	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	03	-	06
	35	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	09	-	16
	45	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	-	20
	60	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	-	24
	80	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	30
	105	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-	44
27	145	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	20	44
	180	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	44	54
	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	16	10
	20	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	04	-	04
	25	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	05	-	09
	35	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	20
30	45	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	-	25
	60	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	-	30
	80	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	-	43
	105	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	55
	145	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	55	100
	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	19	12
30	15	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	04	-	05
	20	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	05	-	06
	25	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08	-	14
	35	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	23
	45	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	-	30
	60	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	-	40
30	80	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	55
	105	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	46	64
	145	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	07	43
	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	07	43
	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	07	43
	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	07	43

Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин	Время пе- рехода на первую ос- тановку или на по- верность, мин	Глубина остановок, м											Общее время декомпресии при выдыхе			
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	возду- хом, ч, мин	в воздухе, ч, мин	в O ₂ , ч, мин
			Время выдержек на остановках, мин														
			при выдыхе					при выдыхе (в кислороде)									
33	15	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	05	06	-	
	20	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	07	09	-	
	25	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	19	-	
	30	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	35	26	-	
	45	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	49	38	-	
	60	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	12	12	-	
	80	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	34	49	-	
	105	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	15	14	-	
	145	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	16	51	-	
														15	27	-	
36	15	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	05	07	-	
	20	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	09	07	-	
	25	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	24	14	-	
	30	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	43	24	-	
	45	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	02	33	-	
	60	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	23	44	-	
	80	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	-	58	04	-	
	105	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	42	33	-	
														59	21	-	
														3	2	-	
39	15	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	06	08	-	
	20	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	10	-	
	25	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	14	10	-	
	30	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	34	19	-	
	45	6	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-	53	29	-	
	60	6	6	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	13	39	-	
	80	6	6	6	6	6	6	6	6	-	-	-	-	20	39	-	
	105	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-	-	-	26	19	-	
														55	01	-	
														4	57	-	

Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин	Время пе- рехода на первую ос- тановку или на по- верхность, мин	Глубины остановок, м												Общее время декомпресси при дыхаии	
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	возду- х, мин	воздухом и O ₂ , ч, мин
			Время выдержек на остановках, мин													
			при дыхании воздухом			при дыхании воздухом (кислородом)										
+2	10	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	06	-	
	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	11	
	20	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	15	
	25	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	25	
	30	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	06	36	
	35	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	46	
	40	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	46	
	80	3	-	-	-	-	9	12	14	15	18	20	11	13	30	
	105	2	-	-	-	-	12	14	18	19	26	39	47	02	20	
	105	2	-	-	-	-	12	14	18	19	26	39	59	03	34	
+5	10	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	06	-	
	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	12	
	20	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	17	
	25	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	29	
	30	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	41	
	35	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	47	
	40	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	32	
	80	3	-	-	-	-	11	13	16	18	21	25	50	59	59	
	105	2	-	-	-	-	12	15	19	20	27	40	51	03	15	
	105	2	-	-	-	-	13	16	20	21	28	40	03	15	15	
+8	5	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	07	07	
	10	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08	14	
	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	21	
	20	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	31	
	25	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	50	
	30	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	50	
	35	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	50	
	80	3	-	-	-	-	8	12	16	19	23	33	06	19	42	
	105	2	-	-	-	-	11	15	17	20	25	37	19	48	46	
	105	2	-	-	-	-	12	16	19	22	28	40	48	17	40	

Глубина спуска, м	Глубина остановок, м										Общее время декомпрессии придыхания	
	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3
	Время выдержек на остановках, мин											
Экспозиция на глубине, мин	Время выдержек на остановках, мин										Воздух по O_2 ч. мин	
	придыхании воздухом										воздух по O_2 ч. мин	придыхании
51	придыхании воздухом										придыхании воздухом (кислородом)	
	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	07	10
	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	18
	15	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	28
	20	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	38
	25	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	38
	30	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	38
	35	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	38
	40	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	38
	45	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	38
54	5	8	7	7	7	7	7	7	7	7	08	11
	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	14	21
	15	6	6	6	6	6	6	6	6	6	14	31
	20	6	6	6	6	6	6	6	6	6	14	31
	25	6	6	6	6	6	6	6	6	6	14	31
	30	6	6	6	6	6	6	6	6	6	14	31
	35	6	6	6	6	6	6	6	6	6	14	31
	40	6	6	6	6	6	6	6	6	6	14	31
	45	6	6	6	6	6	6	6	6	6	14	31
	50	6	6	6	6	6	6	6	6	6	14	31
57	5	8	7	7	7	7	7	7	7	7	08	13
	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	18	24
	15	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	35
	20	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	35
	25	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	35
	30	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	35
	35	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	35
	40	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	35
	45	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	35
	50	6	6	6	6	6	6	6	6	6	18	35

Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин	Время перехода на первую остановку тановку или на поверхность, мин	Глубины остановок, м										Общее время декомпрессии при дыхании			
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	возду- хом, ч, мин	воздухом и О ₂ , ч, мин
			Время выдержек а остановках, мин													
			при дыхании воздухом										при дыхании возд хом (кислородом)			
60	5	9												09	16	
	10	8											3(2)*	11(6)	22	27
	15	7										7(4)*	12(6)	19(10)	45	38
	20	6										13(7)	15(8)	20(10)	1	53
	25	6										16(8)	22(11)	24(12)	36	50
	30	5										38(14)*	40(20)	52(26)	3	59
	35	5										39(20)	48(24)	60(30)	4	20
	40	4										49(23)*	69(33)	80(40)	6	5
	45	4										70(35)*	90(45)	105(53)	8	5
	60	4	13	15	16	17	19	26	32	39(20)	49(25)	70(35)*	90(45)	105(53)	8	5

Таблица 2. Аварийные режимы декомпрессии водолазов при спусках на глубины 15–60 м с применением для дыхания воздуха (экспозиция на грунте 360 мин)

Глубина спуска, м	Время перехода на первую остановку или на поверхность, мин	Глубины остановок, м												Общее время декомпрессии, ч, мин	
		Время выдержек на остановках, мин													
		36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	2		
15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	29	-	41
18	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	18	67	1	32
21	2	-	-	-	-	-	-	-	-	10	18	37	85	2	32
24	2	-	-	-	-	-	-	4	19	20	20	63	122	3	50
27	2	-	-	-	-	-	-	12	16	46	46	85	140	5	01
30	3	-	-	-	-	-	-	14	19	21	61	98	180	6	36
33	3	-	-	-	-	-	16	19	25	50	86	126	200	8	54
36	3	-	-	-	-	11	13	18	49	62	96	151	252	10	55
39	3	-	-	-	8	13	16	34	56	81	114	189	300	13	34
42	3	-	-	-	12	14	30	47	67	93	126	226	338	15	56
45	3	-	-	13	15	24	35	58	79	108	144	234	382	18	15
48	3	-	12	14	16	43	49	65	87	121	168	245	403	20	26
51	3	-	14	18	28	46	56	70	94	132	204	288	410	22	43
54	3	12	15	24	35	50	60	81	105	144	220	304	418	24	31
57	3	14	16	31	43	53	70	90	115	158	232	318	418	26	01
60	3	20	29	34	49	65	76	96	128	178	252	332	418	28	00

Таблица 3. Аварийные режимы декомпрессии при спусках на глубины 63–80 м с применением для дыхания воздуха

Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин	Время перерыва на 1-ю остановку или на поверхность, мин	Глубины остановок, м															Общее время декомпрессии, ч, мин
			Время выдержек на остановках, мин															
			42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3		
63	5	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	09	
	10	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5*	12	25	
	15	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9*	14	20	51	
	20	7	-	-	-	-	-	-	-	-	6	10	13*	17	21	1	14	
	25	6	-	-	-	-	-	-	-	11	13	15	18*	24	26	1	53	
	35	6	-	-	-	-	-	9	13	16	18	22	32*	47	58	3	41	
	45	5	-	-	-	-	12	14	15	19	22	27	33	44*	53	71	5	
	60	4	-	-	11	14	15	17	18	22	29	32	41	54*	70	95	7	
	80	3	-	12	14	16	17	18	21	28	35	44	56	80*	96	119	9	
	360	4	-	18	29	31	45	54	69	84	109	139	198	260	346	418	30	
66	5	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	09	
	10	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7*	13	29	
	15	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12*	19	21	1	
	20	7	-	-	-	-	-	-	-	3	7	12*	14	19	21	1	23	
	25	6	-	-	-	-	-	-	-	4	12	14	17*	20	27	29	2	
	35	6	-	-	-	-	6	10	14	16	19	24	36*	52	65	4	08	
	45	5	-	-	9	13	15	18	20	24	29	37	49*	57	75	5	51	
	60	4	-	11	13	15	16	18	20	25	35	42	51	59*	74	100	8	
	80	3	-	12	14	16	17	18	21	28	35	44	56	80*	96	119	9	
	360	4	-	18	29	31	45	54	69	84	109	139	198	260	346	418	30	

Глубина спуска, м	Экспози- ция на грунте, мин	Время пере- хода на 1-ю остановку или на по- верхность, мин	Глубины остановок, м															Общее время деком- прессии, ч, мин
			Время выдержек на остановках, мин															
			42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3		
69	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
	10	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	32	
	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	1	
	20	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	1	
	25	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	2	
	35	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	35	
	45	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40*	58	
	60	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58*	74	
	360	4	-	14	16	17	18	19	21	29	39	47	55	62*	89	115	9	
		16	26	34	45	60	81	89	99	126	168	222	288	353	418	33	49	
72	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
	10	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	
	15	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	
	20	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	25	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	
	35	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	
	45	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	
	360	4	-	13	15	16	17	19	22	28	35	46	59*	80	93	7		
		22	28	40	53	68	87	99	107	139	173	232	302	353	418	35	38	
75	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	
	10	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	
	15	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	20	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	25	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	
	35	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
	45	5	-	8	14	15	16	18	20	24	30	33	50	65*	86	103	5	
	360	4	-	32	43	61	77	96	109	116	148	180	250	308	353	418	8	
		25															12	
																	37	

Глубина спуска, м	Экспози- ция на грунте, мин	Время пере- хода на 1-ю остановку или на по- верхность, мин	Глубины остановок, м															Общее время деком- пресии, ч. мин
			Время выдержек на остановках, мин															
			42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3		
78	5 10 15 20 25 35 45 360	11 10 8 8 7 7 5 4	- - - - - - - 28	- - - - - - 14 34	- - - - - 8 13 16 48	- - - - 6 15 17 82	- - - - 6 15 18 104	- - - - 11 16 21 118	- - - - 12 19 26 126	- - 3 10 15 23 32 154	- - 9 13 18 25* 37 54* 72* 317	- 14* 16 19 24 34 40 51 94 6 39 9 08 39	- 4* 16 22 24 30 40 51 70 96 119 353	5 18 26 30 51 94 119 418	- - 1 2 3 6 9 08 39			
80	5 10 15 20 25 35 45 360	10 10 9 8 7 6 5 4	- - - - - - 15 34	- - - - - - 15 40	- - - - - - 13 50	- - - - 5 15 18 90	- - - - 7 16 19 112	- - - - 14 17 22 126	- - - - 20 24 28 140	- - 6 12 16 24 34 164	- - 10 15* 18* 27* 41 59* 80* 317	- 6* 18 23 26 32 45 53 76 100 123 353	2* 16 20 25 32 45 53 76 100 123 418	6 20 26 32 40 100 123 418	- - 1 2 4 7 12 9 56 41 03			

Таблица 4. Рабочие режимы декомпрессии водолазов при спусках на глубины до 42 м с применением для дыхания 40 %-ной кислородно-азотной дыхательной смеси

Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин	Время перехода на первую остановку или на поверхность, мин	Глубины остановок, м					Общее время декомпрессии, мин
			15	12	9	6	3	
			Время выдержек на остановках, мин					
21	180	2	—	—	—	—	—	2
24	105	2	—	—	—	—	—	2
	145	2	—	—	—	—	8	10
	180	2	—	—	—	—	11	13
		2	—	—	—	3	12	17
27	60	2	—	—	—	—	—	2
	80	2	—	—	—	—	11	13
	105	2	—	—	—	3	12	17
	145	2	—	—	—	6	15	23
	180	2	—	—	—	6	20	28
		2	—	—	5*	14	18	39
30	45	3	—	—	—	—	—	3
	60	2	—	—	—	—	5	7
	80	2	—	—	—	6	14	22
	105	2	—	—	6*	9	17	34
	145	2	—	—	6*	11	23	42
		2	—	3*	9	15	24	53
33	35	3	—	—	—	—	—	3
	45	3	—	—	—	—	5	8
	60	3	—	—	—	—	14	17
	80	2	—	—	6*	8	20	36
	105	2	—	—	8*	14	21	45
	145	2	—	8*	9	21	26	66
		2	3	11*	14	21	30	81
36	35	3	—	—	—	—	—	3
	45	3	—	—	—	5	15	23
	60	3	—	—	—	8	18	29
	80	3	—	—	8*	15	18	44
	105	2	2	9*	12	17	23	65
		2	8	9*	17	21	33	90
39	25	3	—	—	—	—	—	3
	35	3	—	—	—	—	5	8
	45	3	—	—	—	9	17	29
	60	3	—	—	6*	9	18	36
	80	2	2	8*	11	17	21	61
		2	8	11*	14	21	30	86
42	20	4	—	—	—	—	—	4
	25	3	—	—	—	—	2	5
	35	3	—	—	—	—	9	12
	45	3	—	—	2*	11	18	34
	60	3	—	2*	8	12	18	43
	80	3	3	8*	12	18	23	67
		2	9	15*	15	26	32	99

**Министерство труда Российской Федерации
Постановление от 11 января 1996 г. N 2**

**ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПОЛОЖЕНИЯ ОБ УСЛОВИЯХ ОПЛАТЫ
ТРУДА ВОДОЛАЗОВ И ДРУГИХ РАБОТНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ,
ФИНАНСИРУЕМЫХ ИЗ БЮДЖЕТНЫХ ИСТОЧНИКОВ,
ЗА ПОДВОДНЫЕ РАБОТЫ**

Министерство труда Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить Положение об условиях оплаты труда водолазов и других работников организаций, финансируемых из бюджетных источников, за подводные работы согласно Приложению.
2. Признать утратившим силу Постановление Министерства труда Российской Федерации от 17 апреля 1995 г. № 21 «Об утверждении Положения об условиях оплаты труда водолазов и других работников организаций, финансируемых из бюджетных источников, за подводные работы на малых глубинах», за исключением пункта 13 указанного Положения.

Министр труда Российской Федерации Г.МЕЛИКЬЯН

Приложение к Постановлению
Министерства труда Российской
Федерации от 11 января 1996 г. № 2

**ПОЛОЖЕНИЕ
ОБ УСЛОВИЯХ ОПЛАТЫ ТРУДА ВОДОЛАЗОВ И ДРУГИХ
РАБОТНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ, ФИНАНСИРУЕМЫХ
ИЗ БЮДЖЕТНЫХ ИСТОЧНИКОВ, ЗА ПОДВОДНЫЕ РАБОТЫ**

1. Настоящее Положение распространяется на водолазов и других работников*, имеющих соответствующие допуски к работе под водой и спускающихся под воду для выполнения служебных обязанностей, оплата труда которых осуществляется из средств бюджета на основе Единой тарифной сетки**.

2. Требования к квалификации водолазов по разрядам оплаты труда установлены Постановлением Министерства труда Российской Федерации от 5 апреля 1993 г. № 75.

* Под другими работниками имеются в виду старшины (бригадиры) водолазных станций, постов (бригад), матросы-водолазы, водолазы-инструкторы, водолазные специалисты (в том числе старшие), работники предприятий и организаций, спускающиеся под воду для выполнения служебных обязанностей.

** Далее - ЕТС.

3. За класс квалификации водолазам выплачивается ежемесячная надбавка к тарифной ставке (окладу) водолаза, тарифицированного по 4 разряду оплаты труда ЕТС:

- водолазам 3 класса — 10 процентов;
- водолазам 2 класса — 15 процентов;
- водолазам 1 класса — 25 процентов в месяц.

Присвоение класса квалификации водолазам производится в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Водолазам 1 и 2 класса за время пребывания под водой не менее 1500 часов выплачивается дополнительная ежемесячная надбавка к установленной месячной тарифной ставке (окладу) в размере 10 процентов. За время пребывания под водой на глубинах свыше 20 метров указанная надбавка выплачивается:

- за 1200 часов пребывания под водой, из них не менее 100 часов на глубинах свыше 20 метров;
- за 1000 часов пребывания под водой, из них не менее 100 часов на глубинах свыше 60 метров.

4. За время пребывания под водой в зависимости от глубины погружения водолазам, занимающим штатные должности, и другим работникам, спускающимся под воду для выполнения служебных обязанностей, кроме их месячной тарифной ставки (должностного оклада) устанавливается следующая почасовая оплата:

При глубине погружения (в метрах)	Размер оплаты за 1 час пребывания под водой (в процентах от размера тарифной ставки (оклада) первого разряда ЕТС)
До 6	10
Свыше 6 до 12	15
Свыше 12 до 20	17
Свыше 20 до 30	20
Свыше 30 до 40	24
Свыше 40 до 50	27
Свыше 50 до 60 включительно	30

5. За время работы под водой, нахождения под заданным рабочим давлением в барокамерах с применением для дыхания искусственных газовых смесей методом кратковременных погружений и методом длительного пребывания под повышенным давлением водолазам и другим работникам, в том числе медицинскому персоналу, участвующему в оказании медицинской помощи пострадавшему водолазу, проведении лечебной рекомпрессии, кроме их тарифной ставки (должностного оклада), устанавливается следующая почасовая оплата:

а) за время работы под водой непосредственно на грунте или объекте, а также за время пребывания под наибольшим давлением в водолазном колоколе или водолазном отсеке водолазного подводного аппарата в зависимости от глубины погружения (в метрах):

При глубине погружения (в метрах)	Размер оплаты за 1 час пребывания под водой (в процентах от размера тарифной ставки (оклада) первого разряда ЕТС)
Свыше 60 до 70	170
Свыше 70 до 80	210
Свыше 80 до 90	290
Свыше 90 до 100 включительно	350

За каждые последующие 10 м погружения почасовая оплата увеличивается:

- свыше 100 до 150 м - на 10 процентов;
- свыше 150 м - на 12 процентов;
- б) за время нахождения под заданным рабочим давлением в барокамере:
 - при глубине погружения до 60 м — 10 процентов за час;
 - при глубине погружения свыше 60 м - 15 процентов за час;
- в) за период декомпрессии (от глубины погружения и независимо от ее продолжительности):
 - при глубоководных спусках методом кратковременного погружения:
 - свыше 60 до 100 м — 1,0 процент за метр погружения;
 - свыше 100 до 150 м - 2,0 процента за метр погружения;
 - свыше 150 м - 5,0 процентов за метр погружения;
 - методом длительного пребывания под повышенным давлением — 10 процентов за метр погружения.

6. При наличии факторов, усложняющих водолазные работы, почасовая оплата за пребывание под водой увеличивается:

при скорости течения от 0,5 до 1,0 м/с	на 20 %
свыше 1 м/с до 1,5 м/с	на 40 %
при волнении воды от 2 до 3 баллов	на 40 %
при температуре воды ниже 4 градусов по С (при отсутствии обогревающих костюмов) и выше 37 градусов по С	на 25 %
при работе подо льдом	на 15 %
при работе с беседки	на 15 %
при работе на захлапленном и вязком грунте	на 15 %
при работе в стесненных условиях (в отсеках кораблей, колодцах, туннелях, цистернах, потернях, трубопроводах, внутри свайных оснований при расстоянии между сваями и трубами менее 1,5 м)	на 30 %
при видимости менее 1 м	на 20 %
при отсутствии видимости	на 30 %
при загрязнении воды вредными и токсичными примесями	на 25 %
при выгрузке боеприпасов, поиске и подъеме ракет, бомб, мин, торпед и других взрывоопасных предметов	на 40 %
при взрывных работах и работах со взрывоопасными веществами	на 35 %
при сварке и резке металла под водой	на 35 %

При наличии нескольких факторов, усложняющих водолазные работы, проценты увеличения почасовой оплаты суммируются, при этом размер увеличения не должен превышать 100 процентов почасовой оплаты.

7. При экспериментальных спусках с целью испытаний водолазного снаряжения, систем жизнеобеспечения водолазных комплексов, режимов компрессии и рекомпрессии, дыхательных смесей, методов погружения, а также при испытании водолазной техники водолазами и другими работниками оплата производится в соответствии с пунктами 4 и 5 настоящего Положения в двойном размере.

8. При выполнении водолазных спусков с использованием автономных средств для транспортировки водолазов, включая водолазные подводные аппараты, а также при использовании индивидуальных буксировщиков и групповых транспортировщиков различных типов за время нахождения на них водолазов под водой почасовая оплата производится в соответствии с пунктами 4 и 5 настоящего Положения в полуторном размере.

9. За время пребывания под водой во время спуска в гидротанке гипербарического комплекса и в открытых водных бассейнах, размещенных в помещениях, почасовая оплата производится в соответствии с пунктом 4 настоящего Положения с применением уменьшающего коэффициента 0,75.

10. Время пребывания под водой для оказания помощи утопающему независимо от времени пребывания под водой учитывается за 2 часа. При поиске водолазами утонувшего учитывается фактическое время их пребывания под водой и дополнительно 2 часа при извлечении утонувшего на поверхность.

Оплата указанных работ производится в соответствии с пунктами 4 и 5 настоящего Положения.

11. За тренировочные и квалификационные спуски, в том числе и в декомпрессионных камерах, почасовая оплата производится в соответствии с пунктами 4 и 5 настоящего Положения в половинном размере.

В период обучения профессии водолаза в учебных заведениях (школах, центрах, курсах) часы пребывания обучающихся под водой не оплачиваются.

12. В случае, если водолазный спуск не состоялся, водолазам и другим работникам за время пребывания в водолазном колоколе или водолазном отсеке водолазного подводного аппарата оплата производится как за нахождение в барокамере под повышенным давлением.

13. Время пребывания под водой исчисляется с момента закрытия иллюминатора водолазного шлема (включения на дыхание в аппарат, начала повышения давления в камере) до момента открытия на поверхности иллюминатора (выключения дыхания из аппарата, снижения давления в камере до атмосферного).

Время пребывания под водой при проведении водолазных спусков методом длительного пребывания исчисляется с момента закрытия внутренних люков водолазного колокола или водолазного отсека водолазного подводного аппарата после перехода в них водолазов из ба-

рокамеры перед началом погружения до момента открытия внутренней крышки люка аппарата для перехода водолазов в барокамеру.

14. Водолазам 3, 2 и 1 классов и другим работникам, спускающимся под воду для выполнения служебных обязанностей, при общей продолжительности пребывания под водой, в том числе под повышенным давлением, с начала водолазной практики не менее 500 часов выплачивается единовременное вознаграждение в размере 10-кратной суммы тарифной ставки (оклада) первого разряда ЕТС, действующей на момент получения права на вознаграждение.

За каждые последующие 500 часов пребывания под водой размер единовременного вознаграждения увеличивается на 10-кратную сумму месячной тарифной ставки (оклада) первого разряда ЕТС, при этом максимальный размер единовременного вознаграждения, выплаченного за каждые последующие 500 часов, не может превышать 50-кратную сумму месячной тарифной ставки (оклада) первого разряда ЕТС. Часы пребывания под водой за время учебной подготовки и переподготовки для выплаты единовременного вознаграждения не учитываются.

15. Оплата труда нештатных водолазов морских (рейдовых) судов обеспечения за время пребывания под водой с целью выполнения водолазных работ производится в соответствии с пунктом 4 настоящего Положения (для глубин погружения до 20 метров). Почасовая оплата производится дополнительно к окладу, выплачиваемому нештатному водолазу по основной должности.

За тренировочные и квалификационные спуски почасовая оплата производится в половинном размере.

Организация водолазных спусков и работы нештатных водолазов должна соответствовать правилам водолазной службы ВМФ, а учет их работы производится в журнале водолажных работ в порядке, установленном для штатных водолазов.

16. Настоящее Положение распространяется на водолазов и других работников независимо от ведомственной принадлежности организаций, в которых они работают.

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ -
ИНСТИТУТ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

Институт медико-биологических проблем (ИМБП) был образован в октябре 1963 г. по инициативе выдающихся ученых: С.П.Королева, генерального конструктора ОКБ-1, создателя космических кораблей, и М.В.Келдыша, президента АН СССР, при активном участии заместителя Министра здравоохранения СССР А.И.Бурназяна, когда открывшаяся перспектива увеличения продолжительности космических полетов и объема выполняемой в космосе деятельности потребовала расширения и углубления научных исследований в области космической медицины и биологии и опытно-конструкторских разработок новой медицинской техники и систем жизнеобеспечения.

Для решения проблем, поставленных перед ИМБП, были привлечены специалисты из самых разных областей науки и техники, в том числе те, кто принимал участие в проведении исследований на первых спутниках с животными, кто готовил первые пилотируемые полеты. В течение многих лет ИМБП возглавляли ведущие ученые в области физиологии, космической биологии и медицины: А.В.Лебединский (1963-1965 гг.), В.В.Парин (1965-1968 гг.), О.Г.Газенко (1969-1988 гг.), внесшие значительный вклад в развитие отечественной космонавтики. С 1988 г. директором ИМБП является доктор медицинских наук, профессор, действительный член Российской академии наук и Российской академии медицинских наук А.И.Григорьев.

В 1994 г. Институту присвоен статус Государственного научного центра Российской Федерации, а в декабре 2000 г. он был переведен в Российскую академию наук.

ГНЦРФ — ИМБП РАН осуществляет:

- изучение особенностей жизнедеятельности организма человека и животных при действии факторов космического полета, измененной газовой среды и давления, при действии других вредных и опасных факторов с целью разработки методов и средств сохранения здоровья, работоспособности и безопасности экипажей космических кораблей, водолазов и кессонных рабочих;
- изучение особенностей функционирования организма человека в нормальных условиях среды обитания с целью более глубокого понимания физиологических основ жизнедеятельности здорового человека, определения показателей нормы и разработки профилактических и реабилитационных мероприятий после экстремальных воздействий;
- медицинское и санитарно-гигиеническое обеспечение пилотируемых космических полетов: отбор и подготовку космонавтов, экспертизу проектов космических аппаратов, разработку и контроль соблюдения требований к среде обитания, медико-биологические исследования на борту космических летательных аппаратов, медицинскую реабилитацию;

- исследования с использованием различных биологических объектов на специализированных биологических спутниках, экологические исследования, исследования в различных климатогеографических регионах, медицинское обеспечение подготовки спортсменов высшей квалификации к ответственным соревнованиям (Олимпийским играм, чемпионатам мира, Европы и т.п.) по различным видам спорта;

- международные исследования по космическим программам и внешнеэкономическую деятельность, связь с общественностью, экспозиционно-выставочную работу, образовательные программы для студентов различных институтов и школьников России, а также для учащихся ряда других стран, издательскую деятельность.

В Институте функционирует Центральная водолазная клинико-экспертная комиссия Минздрава России (ЦВКЭК, прежнее название — Центральная водолазно-медицинская комиссия), которая осуществляет отбор и освидетельствование водолазов-глубоководников, выносит экспертное решение при сложных для оценки состояния здоровья случаях, заболеваниях и несчастных случаях с водолазами различных категорий.

Адрес: 123007, Москва, Хорошевское шоссе, 76А. ГНЦ РФ — ИМБП РАН.

Телефоны: (7-095) 195-2363; 195-1500; 195-6335. Факс: (7-095) 195-2253.

E-mail: info@imbp.ru

Страница в INTERNET: www.imbp.ru

ОТДЕЛ БАРОФИЗИОЛОГИИ И ВОДОЛАЗНОЙ МЕДИЦИНЫ ГНЦ РФ - ИМБП РАН

Деятельность Государственного научного центра — Институт медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ — ИМБП РАН) в области гипербарической физиологии и водолазной медицины осуществляется отделом барофизиологии и водолазной медицины с привлечением внутренней и внешней кооперации. Отдел проводит:

- фундаментальные и прикладные исследования в интересах сохранения здоровья, обеспечения безопасности и повышения эффективности труда человека в гипербарических условиях и под водой;
- разработку и совершенствование методов водолазных погружений с использованием дыхательных газовых смесей и газовых сред с различным соотношением кислорода и индифферентных газов (азота, инертных газов и водорода);
- разработку оптимальных режимов труда, отдыха и питания лиц, занятых на работах в гипербарических условиях;
- оптимизацию режимов декомпрессии для спусков водолазов на различные глубины и выполнения кессонных работ, а также режимов лечебной рекомпрессии;
- санитарно-гигиенический контроль при проектировании, создании и испытаниях новой водолазной техники;
- физиолого-гигиеническую оценку новых образцов водолазного снаряжения, оборудования и систем жизнеобеспечения, применяемых для водолазных работ в народном хозяйстве и для проведения научных исследований на животных и с участием испытуемых;
- разработку требований к состоянию здоровья водолазов и других лиц, работающих в условиях гипербарии, методам их отбора и периодических освидетельствований;
- разработку методов, средств контроля и обработки информации о состоянии здоровья людей, находящихся в гипербарических условиях, методов и средств оказания квалифицированной и специализированной помощи пострадавшим в этих условиях с использованием различных индифферентных газов (гелия, азота, аргона, неона, криптона и ксенона);
- разработку и научное обоснование новых методов и средств лечения различных заболеваний с использованием индифферентных газов (гелия, азота, аргона, неона, криптона и ксенона) в смеси с кислородом в условиях нормального давления в интересах здравоохранения и медицины катастроф;
- разработку руководящей и нормативной документации по медицинскому обеспечению водолазных и кессонных работ, санитарному контролю, ГОСТов и учебных пособий.

Реализация программы осуществляется на собственной уникальной экспериментально-технической базе ГНЦ РФ — ИМБП РАН, расположенной в корпусах общей площадью 2,5 тыс. м², которая включает в себя:

1) 12 экспериментальных барокамер для исследований на лабораторных животных всех видов газовых смесей, включая взрывоопасные;

2) глубоководный водолазный комплекс ГВК-250 для длительного пребывания 6 человек под давлением до 250 м вод.ст. — единственный действующий в гражданских ведомствах страны;

3) высотную барокамеру БК-1, рекомпрессионные барокамеры ПДК-3 и РКУМ для проведения исследований с участием человека и лечения декомпрессионной болезни.

На основании многолетних экспериментальных исследований на животных и с участием испытуемых и конструкторских разработок

- разработана и апробирована система поддержания работоспособности человека в условиях нормального и повышенного давления в гермообъектах, включающая применение специальной тренировки, оптимизацию газового состава и микроклимата, создание новых технических элементов систем жизнеобеспечения и защитного снаряжения, а также использование при необходимости фармакологических средств;

- разработаны руководящие и нормативные документы по медицинскому обеспечению водолазных спусков, а также ГОСТы по гипербарической среде обитания;

- впервые в мировой практике сотрудниками отдела предложено и обосновано использование подогретого гелия для лечения и профилактики кардиореспираторных заболеваний и переохлаждения;

- проведены клинические испытания отечественного фармакологического препарата гидазепам, после чего он был испытан в гипербарических условиях и утвержден Минздравом России в качестве средства профилактики нервного синдрома высоких давлений;

- на протяжении 4 лет успешно проводилось медицинское обеспечение кессонных работ под избыточным давлением до 40 м вод.ст. в Мосмостроострое;

- организовано круглосуточное дежурство барокомплекса и персонала для проведения лечебной рекомпрессии и гипербарической оксигенации водолазам при декомпрессионной болезни, баротравме легких и других заболеваниях;

- разработаны и успешно применены схемы лечения декомпрессионной болезни средней-тяжелой степени со сроками обращения от 6 до 24 сут после заболевания и некавалифицированного лечения;

- предложен и апробирован комплекс средств (иммобилизованные ферменты, эубиотики, локальное ультрафиолетовое облучение) для лечения и профилактики инфекций ЛОР-органов у водолазов;

- получен патент на систему жизнеобеспечения с водородсодержащими газовыми смесями.

Совместно со Специальным конструкторским бюро экспериментального оборудования (СКВ ЭО) при ГНЦ РФ — ИМБП РАН проводится работа по созданию новых образцов техники медицинского назначения:

- создан и принят на снабжение аппарат искусственного дыхания для барокамер «Приз» для «глубин» до 300 м вод.ст.;

- разработан, изготовлен, прошел клинические испытания и разрешен к серийному производству Комитетом по новой технике Минздрава России аппарат «Геофарм» для проведения лечения переохлаждения организма и легочных заболеваний способом дыхания смесями кислорода с гелием, азотом или аргоном в различных соотношениях с одновременным подогреванием и ингаляцией лекарственными препаратами;

- создан и разрешен к серийному производству термохимический генератор непрерывного действия «Тополь», предназначенный для получения медицинского кислорода в полевых, аварийных условиях и отдаленных районах;

- разработана и проходит медико-технические испытания высокопроизводительная станция разделения воздуха на твердых цеолитах (концентратор кислорода) «СКС-1» для получения кислородно-азотно-аргоновой смеси с высокой концентрацией кислорода;

- созданы опытные образцы гипоксикатора и спасательного аппарата с замкнутой схемой дыхания на медленно работающих надперекисях.

Совместно с Институтом общей физики РАН изготовлен, прошел технические и медицинские испытания лазерный газоанализатор.

Министерство здравоохранения Российской Федерации предложило для решения комплексных задач по формированию единой политики и медицинскому обслуживанию водолазов, кессонных рабочих и спортсменов-подводников подготовить Положение о Центре гипербарической физиологии и водолазной медицины на базе ГНЦ РФ — ИМБП РАН. Указанным документом на ГНЦ РФ — ИМБП РАН возлагаются функции медицинского и санитарно-гигиенического контроля за водолазными работами, разработки мероприятий по профилактике и лечению заболеваний водолазов, гидронавтов и кессонных рабочих, оптимизации условий их трудовой деятельности, проведения экспертизы проектов нормативно-технической документации, санитарных правил, норм и гигиенических нормативов в области подводной деятельности и кессонных работ.

С 2001 г. планируется переподготовка водолазных врачей и фельдшеров, подготовка руководителей водолазных спусков по водолазной медицине для допуска к медицинскому обеспечению водолазных спусков.

Адрес: ГНЦ РФ - ИМБП РАН
123007, Москва, Хорошевское шоссе, 76А,
Павлов Б.Н.
Телефоны: (095) 195-68-75, 195-63-40, 571-22-41
Факс: (095) 195-20-63
E-mail: vodolaz@imbp.ru
Страница
в INTERNET www.imbp.ru

ИЗДАТЕЛЬСТВО ФИРМА «СЛОВО»

специализируется на издании научной и научно-популярной литературы в области авиационной, космической, морской, водолазной и экологической медицины и биологии (книги, монографии, сборники трудов симпозиумов и конференций, журналы и т.д.). Фирма «Слово» выступает в роли редакции, издателя и распространителя журнала «Авиакосмическая и экологическая медицина». Редакция принимает к опубликованию экспериментальные и теоретические работы по проблемам авиационной, космической, морской, водолазной и экологической медицины, обзорные и дискуссионные статьи, а также сообщения о новых методах исследований, рецензии, краткие отчеты о научных конференциях и съездах.

Начиная с 1997 года журнал выходит с ежегодными историко-художественными приложениями - «Космическими альманахами». В «Космических альманахах» ученые и специалисты излагают в художественной форме основы, проблемы и историю авиакосмической медицины и биологии. В настоящее время вышли в свет пять «Космических альманахов», которые можно приобрести в издательстве.

Издательство принимает заказы на издание научной и научно-популярной литературы на русском и английском языках. Выполнит все работы от набора текста, редактирования до перевода, цветоделения, изготовления и доставки тиража. В издательстве можно приобрести и заказать любую литературу в области авиационной, космической, морской, водолазной и экологической медицины и биологии.

Наш адрес: 123007, Москва, Хорошевское шоссе, д. 76а (метро «Полежаевская»). ИМБП. Фирма «Слово».

Тел./факс для справок (095) 193-94-92.

E-mail: vale@pike.net.ru

ТЕРМОХИМИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР МЕДИЦИНСКОГО КИСЛОРОДА ИЗ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ ГКМ-1 «ТОПОЛЬ»



предназначен:

- для обеспечения ингаляторов или наркозно-дыхательной аппаратуры в стационарных и полевых условиях;
- для заправки малогабаритных кислородных баллонов с давлением до 150 кгс/см²;
- для создания аварийного не-

снижаемого запаса кислорода на случай чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся поступлением больших групп пострадавших и раненых.

Принцип действия генератора основан на выделении кислорода из твердой кислородсодержащей массы оригинального состава, выполненной в виде цилиндрических брикетов.

Процесс получения кислорода осуществляется в металлическом патроне при воздействии электрического импульса.

Все стадии хранения и транспортировки кислородсодержащих брикетов осуществляются при нормальных давлении и температуре окружающей среды, а при работе генератора происходит компримирование кислорода до заданного давления (в предлагаемой модификации - не более 150 кгс/см²). Процесс компримирования осуществляется без помощи компрессора или других устройств, а только за счет энергии химической реакции выделения кислорода. Генератор содержит два перезаряжаемых кислородных патрона, работающих последовательно. Этим обеспечивается возможность непрерывного круглосуточного снабжения потребителей кислородом путем замены кислородных брикетов.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Вырабатываемый кислород соответствует требованиям ГОСТ 5583-78 (кислород медицинский);
- Концентрация кислорода не менее 99,5 %
- Давление на выходе для подключения дыхательной аппаратуры 0—6 кгс/см²
- Давление на выходе для зарядки кислородных баллонов не более 150 кгс/см²
- Количество кислорода, выделяемого из одного кислородного патрона не менее 600 л
- Количество кислорода, выделяемого из аппарата без перезарядки не менее 1200 л
- Режим непрерывного снабжения потребителей кислородом с перезарядкой патронов круглосуточный
- Диапазон регулирования скорости подачи кислорода

потребителям (по линии низкого давления)	0-30 л/мин
• Температура кислорода на выходе	не более 40 °С
• Электропитание от сети	220 В
• Среднечасовое потребление электроэнергии	
при зарядке баллонов высокого давления	40 Вт/час
• Максимальная потребляемая мощность	120 Вт
• Габаритные размеры	550 х 360 х 460 мм
• Масса генератора	не более 45 кг
• Срок хранения кислородных брикетов	до 10 лет

Генератор имеет два выхода, один из которых предназначен для подключения ингалятора или наркозно-дыхательной аппаратуры, а другой — для зарядки кислородных баллонов высокого давления. Генератор может устанавливаться непосредственно в операционных и реанимационных отделениях. Достоинства генератора медицинского кислорода ГКМ-1:

- высокая безопасность при эксплуатации в стационарных и полевых условиях;
- безопасность при ударных воздействиях, включая осколочные попадания (учитывая условия работы МО, МЧС, МВД);
- взрывобезопасность при пожарах;
- малые масса и габариты (20 кг кислородных брикетов заменяют стандартный транспортный баллон массой 78 кг, содержащий 6 м³ кислорода).
- возможность длительного хранения в работоспособном состоянии, причем кислород хранится в химически связанном твердом виде при нормальных давлении и температуре окружающей среды;
- удобство доставки к месту эксплуатации любым видом транспорта благодаря отсутствию сосудов высокого давления, малой массе и компактности;
- отсутствие возвращаемых элементов;
- бесшумность работы;
- минимальный расход электроэнергии.

Система на основе генератора кислорода «Тополь» с запасом твердого кислорода 6 м³ легче, чем 1 транспортный баллон с таким же количеством кислорода, на 7 кг. При транспортировке 18 м³ кислорода (3 транспортных баллона) система с твердым кислородом в 2 раза легче баллонной, а при 60 м³ кислорода — в 3 раза легче.

Кислородные брикеты поставляются в комплекте с генератором «Тополь» и отдельно в необходимом количестве.

Генератор может быть доработан по тактико-техническим требованиям заказчиков.

Аппарат рекомендован к серийному производству Комитетом по новой технике Минздравмедпрома России (протокол от 06.12.1995 г. № 11).

За справками обращаться в СКВ ЭО при ГНЦ РФ — ИМБП РАН.

Тел.: (095) 575-36-04. Логунов Алексей Тимофеевич.

Тел./факс (095) 572-37-87.

E-mail: skbeo@himky.comcor.ru

ПОРТАТИВНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ И ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЙ «ИНГАЛИТ»



Аппарат «Ингалит» - принципиально новый, высокоэффективный аппарат, предназначенный для оказания неотложной помощи и лечения острых и хронических заболеваний легких различной этиологии, сердечно-сосудистых заболеваний, острых отравлений и переохлаждения.

Метод лечения базируется на использовании аэрозоля подогретых газовых смесей гелия и кислорода. В основе метода лежит использование уникальных физических свойств и биологического действия инертных газов, в том числе гелия.

В аппарате создаются и используются кислородно-гелиевые и другие газовые смеси. В смеси автоматически поддерживаются любые задаваемые значения концентрации кислорода (от 10 до 90 %). При этом температура регулируется от 20 до 80 °С. Подогретая кислородно-гелиевая смесь подается через маску пациенту и легко проникает в легкие. При этом улучшается диффузия кислорода через альвеоло-капиллярную мембрану, снижается сопротивление дыханию за счет меньшей плотности гелия по сравнению с воздухом, расслабляется гладкая мускулатура, уменьшается нагрузка на нее. Происходит мощное тепловое кислородно-гелиевое воздействие на организм.

Эффективность использования кислородно-гелиевой смеси для лечения различных заболеваний подтверждена клинической практикой в ряде ведущих клиник России: в НИИ пульмонологии, Военно-медицинской академии, НИИ экстремальной медицины МО РФ, 24-й клинической больнице г. Москвы, Центральной клинической больнице Медицинского центра при Президенте Российской Федерации. В результате применения кислородно-гелиевых смесей улучшились показатели бронхиальной проходимости и форсированной жизненной емкости легких, уменьшились одышка и кашель, улучшилось отделение мокроты, повысились общий тонус и работоспособность, нормализовались показатели крови. Длительность ремиссии составила до 6 месяцев, сократился срок стационарного пребывания больных.

Аппарат выпускается в трех модификациях:
Ингалит-А

Переносный аппарат искусственной вентиляции, позволяющий одновременное использование для дыхания двух пациентов подогретой

газовой смесью по замкнутой схеме дыхания с возможностью применения лекарственных препаратов. Аппарат оснащен газоанализатором, термостанцией и газобаллонным переносным блоком.

- Содержание кислорода в дыхательной смеси 12-75 %
- Температура дыхательной смеси 20-80 °С
- Относительная влажность дыхательной смеси не менее 75 %
- Электропитание аппарата
- переменный ток* 220 В, 50 Гц
- постоянный ток* 12 В
- Максимальная потребляемая мощность не более 200 Вт
- Масса аппарата не более 35 кг

Ингалит-Б

Переносный аппарат искусственной вентиляции, предназначенный для дыхания подогретой газовой смесью по замкнутой схеме дыхания с возможностью применения лекарственных препаратов. Аппарат оснащен газоанализатором, термостанцией и газобаллонным переносным блоком.

- Содержание кислорода в дыхательной смеси 12-75 %
- Температура дыхательной смеси 20-80 °С
- Относительная влажность дыхательной смеси не менее 75 %
- Электропитание аппарата: переменный ток 220 В, 50 Гц
- Максимальная потребляемая мощность не более 150 Вт
- Масса аппарата не более 32 кг

Ингалит-В

Переносный аппарат искусственной вентиляции, предназначенный для дыхания подогретой газовой смесью по открытой схеме дыхания и баллоном с газовой дыхательной смесью.

- Содержание кислорода в дыхательной смеси 25—30 %
- Температура дыхательной смеси 65—70 °С
- Электропитание аппарата:
- переменный ток* 220 В, 50 Гц
- постоянный ток* 12 В
- Максимальная потребляемая мощность не более 150 Вт
- Масса аппарата не более 14 кг

За справками обращаться в СКВ ЭО при ГНЦ РФ — ИМБП РАН.
Тел.: (095) 575-36-04. Логунов Алексей Тимофеевич.
Тел./факс (095) 572-37-87.
E-mail: skbeo@himky.comcor.ru

ФИРМА «ТЕТИС»



Фирма «ТЕТИС» образована в 1991 г. и специализируется на разработке, изготовлении и поставке современного снаряжения и оборудования для профессиональных водолазных и противопожарных служб, любителей подводного плавания. В 2000 г. на фирме создан сектор профессионального снаряжения и оборудования.

Фирма «ТЕТИС» неоднократно осуществляла поставки специального водолазного снаряжения и оборудования для Министерства чрезвычайных ситуаций, Федеральной службы безопасности и Военно-Морского Флота. Среди клиентов фирмы «ТЕТИС» крупнейшие водолазные организации России, судостроительные предприятия и специализированные организации самого широкого профиля, выполняющие различные виды подводных работ.

Стратегия фирмы «ТЕТИС» состоит в наиболее полном удовлетворении потребностей клиентов с учетом специфики их деятельности. Фирма предлагает лучшее снаряжение и оборудование для выполнения работ под водой, спасательную дыхательную технику и элементы систем жизнеобеспечения отечественного и иностранного производства. «ТЕТИС» является крупнейшим акционером и дистрибьютором ОАО «КАМПО» (г. Орехово-Зуево), разработчика и производителя водолазной дыхательной техники. Партнерами «ТЕТИСА» являются Инженерный центр «Глубина», группа Aqualung, концерн TRELLEBORG, компании DIVING SYSTEM INTERNATIONAL и HIDROVISION, производственное подразделение STANLEY HYDRAULIC TOOLS, фирмы COMEX PRO, SEA QUEST, TUSA, SporaSub, LUXFER, BAUER-POSEIDON Kompressoren GmbH, DIVEX, CYGNUS INSTRUMENTS, OCEAN TECHNOLOGY SYSTEMS, Fibron.

Особое внимание фирма уделяет разработке и изготовлению современной отечественной техники. За последние годы в сотрудничестве с различными организациями разработан и серийно выпускается ряд образцов техники и оборудования: дыхательные аппараты, подводные средства связи и освещения, средства обеспечения водолазных спусков, инструмент для выполнения работ под водой. Эти изделия не уступают, а по некоторым показателям превосходят зарубежные аналоги, имея при этом существенно более низкую цену.

Изделия, предлагаемые фирмой «ТЕТИС» профессиональным пользователям, выпускаются в условиях серийного производства в соответствии с государственными стандартами или техническими условиями либо прошли самую суровую проверку в испытательных лабораториях или в ходе многолетней эксплуатации в России.

Кроме поставок оборудования и снаряжения, фирма занимается проектированием и монтажом мобильных водолазных комплексов на базе стандартных транспортных 20-футовых контейнеров, стационарных барокомплексов, а также модернизацией существующих водолазных комплексов судов и катеров.

Все поставки фирмы «ТЕТИС» осуществляются без посредников, только от фирм-производителей. Долгая и надежная работа на рынке профессионального водолазного снаряжения России позволяет фирме «ТЕТИС» получать от производителей качественное и надежное оборудование по самым низким ценам.

Самое серьезное внимание фирма «ТЕТИС» уделяет технической поддержке клиентов. Все поставляемое оборудование проходит предпродажную подготовку и обеспечивается гарантийным и послегарантийным обслуживанием. Прилагаемая эксплуатационная документация на русском языке по структуре и содержанию соответствует требованиям отечественных нормативных документов (ЕСКД). Каждый желающий может получить консультацию по любым техническим вопросам лично, по телефону или через Интернет. Периодически проводятся семинары по обучению эксплуатации и техническому обслуживанию поставляемой техники. В случае поставки особо сложных или новых видов оборудования специалисты фирмы выезжают к заказчику для обучения его технического персонала.

Фирма «ТЕТИС» регулярно проводит адресную рассылку научно-технических материалов по современной водолазной технике и методологии по более чем 600 водолажным службам. Фирмой «ТЕТИС» организована первая в России информационная страница в мировой компьютерной сети Интернет, посвященная современной водолазной технике.

Штат сотрудников фирмы «ТЕТИС» состоит из квалифицированных специалистов, имеющих опыт работы в профессиональных водолазных организациях, организациях — проектах водолазной техники, службы в ВМФ. Технические специалисты прошли курс обучения и сертифицированы нашими партнерами-поставщиками оборудования и снаряжения.

Специалисты фирмы активно сотрудничают с 40-м Государственным НИИ Министерства обороны РФ, участвуют в работе 416-го технического комитета Госстандарта РФ «Гипербарическая техника», разработке новых «Межотраслевых правил по охране труда при проведении водолажных работ». Специалисты фирмы — постоянные авторы журналов «Гражданская оборона», «Морской журнал», «Октопус».

Фирма «ТЕТИС» расположена в Москве и имеет представительство в Санкт-Петербурге.

Адрес: 119361, Москва, ул. Озерная, д. 42.

Тел. (095) 784-6499, 437-1655, 437-0422.

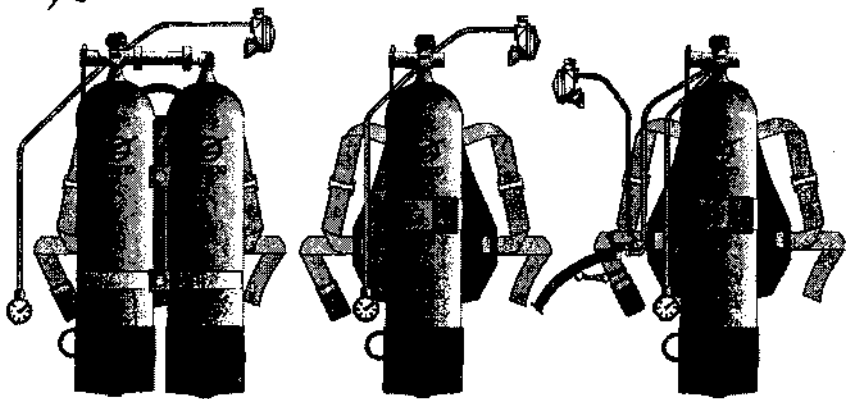
Факс: (095) 437-1611.

E-mail: tetis@tetis.ru

www.tetis.ru



**АППАРАТ
ВОЗДУШНО-ДЫХАТЕЛЬНЫЙ
АВМ-12**



Автономный вариант

Автономный вариант

Шланговый вариант

Воздушно-дыхательный аппарат АВМ-12 предназначен для обеспечения жизнедеятельности водолаза при выполнении им работ под водой. Аппарат работает по открытой схеме дыхания (вдох из аппарата, выдох в воду). Аппарат АВМ-12 можно использовать как в автономном, так и в шланговом варианте (с применением дистанционного блока).

Конструкция аппарата АВМ-12 разработана с учетом опыта эксплуатации отечественных аппаратов АВМ-1М, АВМ-3 и АВМ-5, а также ряда подобных зарубежных аппаратов.

Основными достоинствами аппарата АВМ-12 являются простота конструкции, большой ресурс, безопасность и надежность в эксплуатации, простота технического обслуживания.

Аппарат АВМ-12 состоит из следующих элементов: блока баллонов с запорной арматурой, комплекта регулятора, манометра высокого давления, подвесной системы и комплекта ЗИП.

Комплект регулятора состоит из нового редуктора диафрагменного типа ВР-12 и легочного автомата с резьбовым штуцером и шлангом для присоединения к гидрокомбинезону типа УГК. Присоединительный размер крепления редуктора соответствует международному стандарту $-5/8"$ DIN.

В аппарате применена простая и надежная конструкция клапана резервной подачи. В качестве тяги резерва используется металлическая спица.

Блок баллонов и подвесная система аппарата смонтированы на пластиковой анатомической площадке, обеспечивающей крепление как одного, так и двух баллонов. Конструкция подвесной системы позволяет водолазу легко отрегулировать длину ремней, не прибегая к посторонней помощи.

Дополнительно аппарат АВМ-12 может комплектоваться легочным автоматом с загубником, дистанционным блоком, проверочными манометрами, переходником для зарядки баллонов.

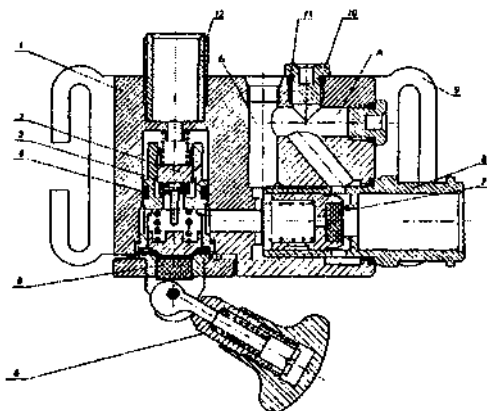
Технические характеристики

Рабочее давление воздуха в баллонах, кгс/см ²	200
Объем баллона, л	7
Рабочая глубина погружения, м	до 60
Установочное давление редуктора, кгс/см ²	15
Масса аппарата с подвесной системой и комплектом регулятора, кг:	
— двухбаллонный вариант	19
— однобаллонный вариант	11
Габаритные размеры, мм:	
— двухбаллонный вариант	700x350x180
— однобаллонный вариант	700x230x180

ДИСТАНЦИОННЫЙ БЛОК

Дистанционный блок предназначен для использования водолазных дыхательных аппаратов в шланговом варианте. Он обеспечивает включение аварийной подачи воздуха от дыхательного аппарата в случае обрыва или пережатия шланга подачи воздуха с поверхности.

Дистанционный блок обеспечивает герметичность воздушной системы в случае обрыва одного из шлангов, а также предоставляет возможность подключения дополнительных потребителей (компенсаторов плавучести, системы поддува в гидрокombineзон, дополнительных дыхательных автоматов и т.д.). При соединении шланга подачи воздуха с поверхности к блоку производится при помощи байонетного соединения. Дополнительно может поставляться шланг-коротыш с накидной гайкой 1/2" для присоединения отечественных водолазных шлангов. Отверстия для присоединения шланга соединения дистанционного блока с редуктором дыхательного аппарата и шланга поддува гидрокombineзона (жилета) имеют резьбу международного образца 3/8".

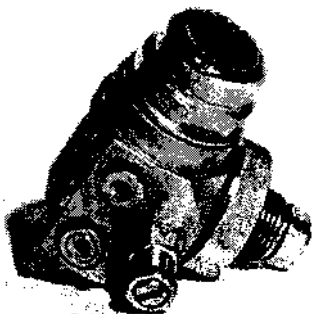


1 - корпус; 2 - клапан; 3 - седло клапана; 4 - рычаг;
5 - рукоятка; 6 - переключатель; 7 - клапан; 8 - рукоятка;
9 - рукоятка; 10 - штифт; 11 - кольцо; 12 - рукоятка

А, Б - выходные отверстия.



КОМПЛЕКТ РЕГУЛЯТОРА АВМ-12



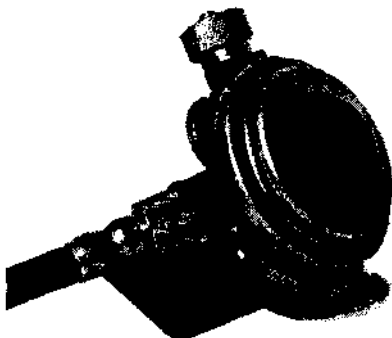
Комплект регулятора АВМ-12 состоит из редуктора ВР-12 и легочного автомата. Оба изделия разработаны с учетом многолетнего опыта эксплуатации как отечественных регуляторов аппаратов АВМ-1М и АВМ-5, так и регуляторов зарубежного производства, и предназначены для профессионального использования в самых жестких условиях.

Редуктор ВР-12 имеет сбалансированный мембранный механизм, что обеспечивает стабильные характеристики независимо от давления в баллоне. Пружина и диафрагма редуктора полностью изолированы от окружающей среды специальной сухой камерой, а давление окружающей среды передается на рабочую мембрану через жесткий толкатель. Эти меры позволили сделать редуктор практически необмерзающим.

В редукторе ВР-12 имеется возможность регулировки установочного давления.

Стандартная комплектация редуктора ВР-12 предусматривает наличие четырех выходов среднего давления с присоединительной резьбой 3/8" и двух выходов высокого давления с присоединительной резьбой 7/16". В одном из выходов установлен предохранительный клапан для использования редуктора с противоточными легочными автоматами. По заказу один из выходов низкого давления может иметь присоединительную резьбу 1/2" для присоединения шланга увеличенного диаметра типа PUSLSEAIR.

Соединение редуктора с баллоном осуществляется при помощи штуцера DIN. По заказу редуктор может оснащаться штуцером для присоединения к аппарату АВМ-5.



Легочный автомат является развитием конструкции легочного автомата аппарата АВМ-5 и имеет противоточную конструкцию.

Корпус и основные детали автомата выполнены из металла, что существенно повышает его надежность, прочность и срок службы. Также изменены конструкция и материал кнопки принудительной подачи воздуха.

В корпусе легочного автомата имеется специальный штуцер для

дыхания из атмосферы, когда легочный автомат присоединен к гидрокомбинеzonу.

Легочный автомат имеет один клапан выдоха. Отверстия в крышке выполнены сбоку, что уменьшает давление потока воды на диафрагму.

Легочный автомат выпускается в двух модификациях: «летней» с загубником и «зимней» со штуцером для присоединения к гидрокомбинеzонам типа УГК.

Комплект регулятора АВМ-12 прошел полный цикл испытаний в лабораторных и натурных условиях и не имеет равных среди импортных и отечественных аналогов по показателям холодоустойчивости и надежности.

Дыхательные характеристика регулятора соответствуют требованиям европейского стандарта EN 250.

Технические характеристики

Рабочее давление на входе, кгс/см ²	25-200
Установочное давление на выходе, кгс/см ²	10 (+1, -0,5)
Давление открытия предохранительного клапана, кгс/см ²	14-17
Производительность редуктора (при давлении на входе не менее 25 кгс/см ²), л/мин	700
Диапазон рабочих температур, °C	от -50 до +50
Средний ресурс, ч	800
Масса редуктора, кг	1,1



АППАРАТ ШЛАНГОВЫЙ ПОДВОДНЫЙ ШАП-2000

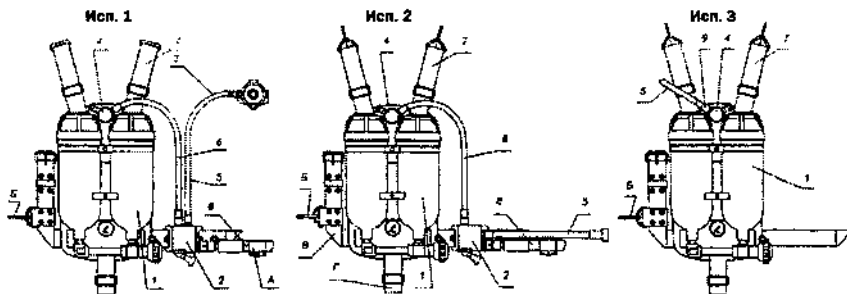
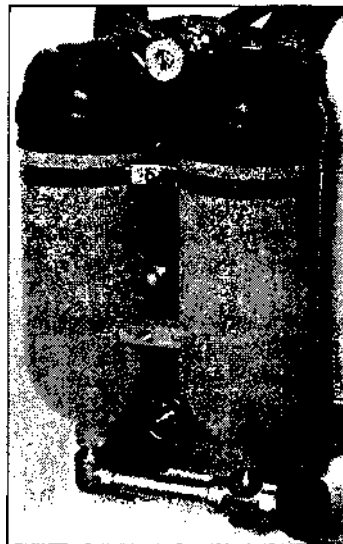
Аппарат шланговый подводный ШАП-2000 предназначен для обеспечения жизнедеятельности водолаза при выполнении им работ под водой. Аппарат работает по открытой схеме дыхания (вдох из аппарата, выдох в воду). Основное преимущество аппарата — его компактность, что делает более удобной работу водолаза, а также позволяет использовать аппарат при работе в стесненных условиях.

В рабочем режиме воздух на дыхание водолазу поступает от внешнего источника по шлангу с поверхности. В случае прекращения подачи воздуха по шлангу (аварийный режим) водолаз при помощи дистанционного блока переключается на дыхание из аппарата и выходит на поверхность.

Аппарат ШАП-2000 состоит из следующих элементов: блока баллонов с запорной арматурой, редуктора, подвесной системы, манометра высокого давления.

В аппарате применен новый редуктор поршневого типа ВР-15. Редуктор имеет простую и оригинальную конструкцию, обеспечивающую безотказную работу в течение длительного времени без проведения обслуживания. Присоединительная резьба крепления редуктора соответствует международному стандарту - 5/8" DIN.

Подвесная система аппарата, блок баллонов с редуктором и манометром смонтированы на панели из нержавеющей стали. Конструкция подвесной системы позволяет водолазу легко отрегулировать длину ремней,



Конструктивная схема аппарата шлангового подводного ШАП-2000

1 - блок баллонов; 2 - дистанционный блок; 3 - легочный автомат; 4 - редуктор; 5, 6 - шланги; 7 - ремень плечевой; 8 - шланг-коротыш или КШС; 9 - проходник. А - хомут; Б - карабин; В - ремень поясной; Г - ремень брасовый

не прибегая к посторонней помощи. Аппарат поставляется в трех исполнениях: исполнение 1 - для применения в составе снаряжения типа СВУ; исполнение 2 - в составе снаряжения СВВ-97; исполнение 3 - в составе снаряжения СВВ-97-1.

В комплект всех исполнений аппарата входят нагрудный груз, утяжелитель аппарата и комплект ЗИП. В комплект исполнений 1 и 2 входит дистанционный блок. Аппарат исполнения 1 укомплектован легочным автоматом с резьбовым штуцером и шлангом для присоединения к гидрокомбинезону типа УГК.

Дополнительно аппарат может комплектоваться легочным автоматом с загубником, проверочными манометрами, переходником для зарядки баллонов.

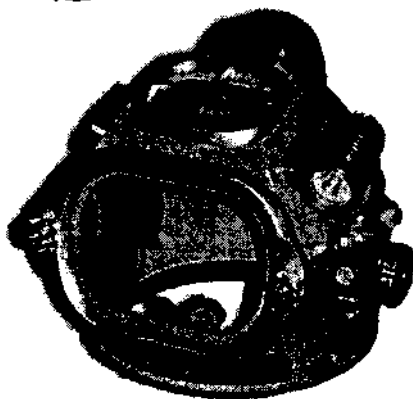
Кроме различий в комплектации, аппараты разных исполнений имеют несколько различную конструкцию подвесной системы. На подвесную систему аппарата исполнения 1 навешивается нагрудный груз, аппараты исполнений 2 и 3 крепятся к фланцу шлема снаряжения СВВ-97.

Технические характеристики

Рабочее давление воздуха в баллонах, кгс/см ²	200
Объем одного баллона, л	2
Рабочая глубина погружения, м	до 60
Установочное давление редуктора, кгс/см ²	15
Масса аппарата с подвесной системой и комплектом регулятора, кг	14
Габаритные размеры, мм	120x260x410



СНАРЯЖЕНИЕ ВОДОЛАЗНОЕ ВЕНТИЛИРУЕМОЕ СВВ-97

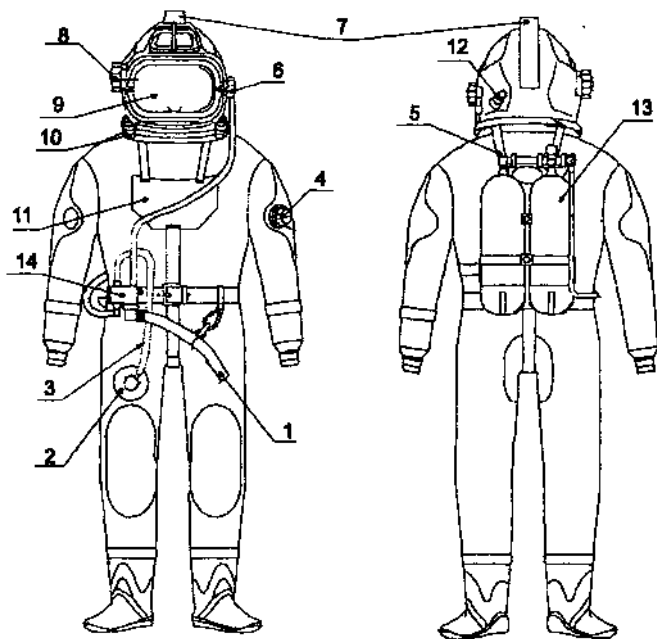


Снаряжение водолазное вентилируемое СВВ-97 разработано для повышения удобства работы и безопасности водолаза.

Комплект снаряжения состоит из объемного шлема, дистанционного блока, аварийного дыхательного аппарата, подвесной системы, нагрудного груза и гидрокомбинезона. По сравнению с традиционным трехболтовым вентилируемым водолажным снаряжением снаряжение СВВ-97, позволяя проводить

работы по традиционной схеме (одновременная вентиляция подшлемного и подгидрокомбинезонного пространства, стравливание избытков воздуха головным клапаном), имеет ряд принципиальных отличий:

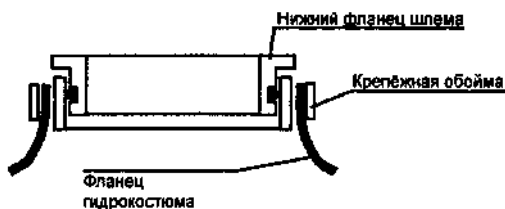
- Материал объемного шлема — легкий и прочный стеклопластик. Водолазный шлем имеет два иллюминатора - передний открывающийся и глухой верхнего обзора.
- Регулятор подачи воздуха (РПВ), установленный на шлеме, автоматически обеспечивает постоянную величину подачи воздуха водолазу и избавляет от необходимости регулировать ее в зависимости от глубины. При этом у водолаза имеется возможность самостоятельной регулировки величины подачи воздуха в пределах от 20 до 120 л/мин. Конструкция вентиля регулировки подачи воздуха предотвращает его случайное полное закрытие. По желанию заказчика шлем может поставляться без регулятора подачи воздуха.
- Воздух в шлем подается через специальный глушитель, что заметно снижает уровень шума в шлеме.
- На шлеме установлен травящий клапан, имеющий регулировку давления срабатывания и принудительный (головной) привод. Специальная конструкция травящего клапана позволила значительно снизить уровень шума в шлеме. Клапан остается герметичным при любом положении водолаза, в том числе вниз головой.
- Шлем снабжен герметичным 4-штырьковым герморазъемом с фиксирующей муфтой для подключения телефонного кабеля от водолазной телефонной станции.
- Шлем оборудован двумя быстроразъемными соединениями для установки светильника и телевизионной камеры.
- Аппарат аварийной подачи воздуха ШАП-2000 значительно повышает безопасность снаряжения в аварийных ситуациях. Снаряжение обеспечивает при запасе воздуха в 800 л (два двухлитровых баллона с рабочим давлением 200 кгс/см²) всплытие с глубины 60 м.



1. Шланг подачи воздуха с поверхности
2. Клапан поддува гидрокombинезона (поставляется дополнительно)
3. Шланг подачи воздуха на клапан поддува
4. Травящий клапан гидрокombинезона (поставляется дополнительно)
5. Подвесная система аппарата аварийной подачи воздуха
6. Регулятор подачи воздуха в шлем (РПВ)
7. Рым
8. Регулируемый травящий клапан
9. Открывающийся иллюминатор
10. Шейное разъемное кольцо с тремя фиксаторами «барашкового» типа
11. Нагрудный груз
12. Телефонный разъем
13. Аппарат аварийной подачи воздуха ШАП-2000
14. Дистанционный блок

• Снаряжение представляет собой тщательно сбалансированную систему и поставляется комплектно. Размещение нагрудного груза, аппарата ШАП-2000 и конструкция подвесной системы делают использование СВВ-97 максимально удобным. Регулируя величину подачи и стравливания воздуха, водолаз может «зависать» в толще воды.

• Возможна установка шейного обтюлятора, что позволяет водолазу находиться в толще воды в любом положении (горизонтально, вниз головой и т.д.).



• В составе снаряжения СВВ-97 могут использоваться гидрокombineзоны как «сухого», так и «мокрого» типа. Гидрокombineзоны «сухого» типа, применяемые в составе снаряжения СВВ-97, имеют

специальный фланец, который натягивается на нижнее посадочное кольцо шлема. Погружение в гидрокостюмах «мокрого» типа, а также в гидрокombineзонах «сухого» типа с шейным obturatorом может осуществляться только с установленным на шлеме СВВ-97 шейным obturatorом. В этом случае возможен спуск и без гидрокombineзона.

Рекомендуемый комплект снаряжения:

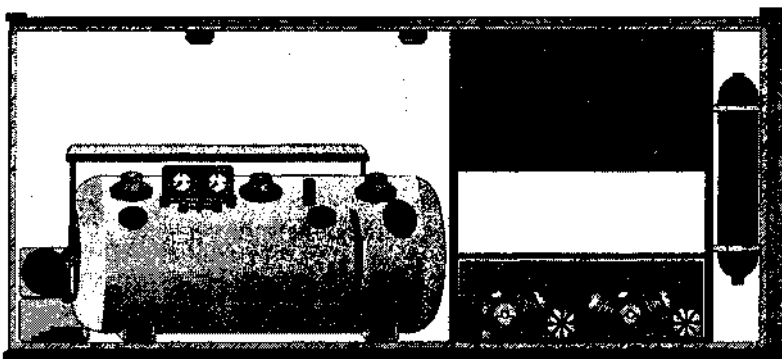
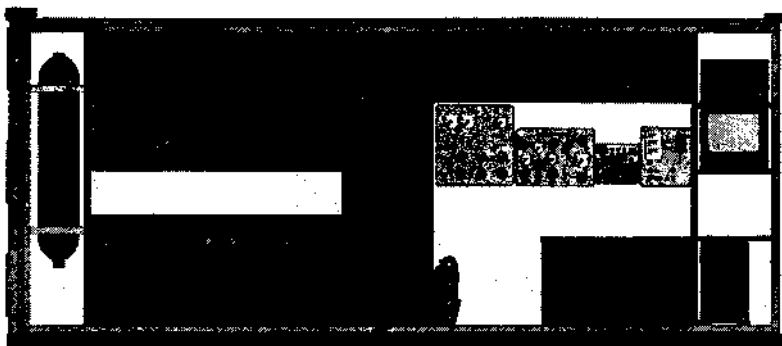
1. Объемный шлем СВВ-97 (с регулятором подачи воздуха, регулируемым травящим клапаном и гарнитурой связи).
2. Аппарат аварийной подачи ШАП-2000 с нагрудным грузом, утяжелителем, подвесной системой и дистанционным блоком.
3. Гидрокombineзон «сухого» типа из триламината повышенной прочности.

Технические характеристики

Максимальная глубина выполнения работ	60 м
Максимальная подача воздуха	120 л/мин
Подача воздуха в аварийном режиме	20 л/мин
Минимально необходимый подпор в водолазном шланге на входе в шлем (без учета глубины):	
- при использовании РПВ	10-16 кгс/см ²
- без использования РПВ	3 кгс/см ²
Давление открытия травящего клапана шлема	
- при отвернутом маховичке	50-130 мм вод.ст.
- при завернутом маховичке	400-500 мм вод.ст.
Масса снаряжения	42 кг
Диапазон рабочих температур воды	0-30 °C



**МОБИЛЬНЫЙ ВОДОЛАЗНЫЙ КОМПЛЕКС
НА БАЗЕ 20-ФУТОВОГО ТРАНСПОРТНОГО
КОНТЕЙНЕРА**



Мобильный водолазный комплекс предназначен для обеспечения спусков двух водолазов на глубины до 45 м (в комплектации без спускоподъемного устройства и водолазного колокола) в любых типах водолазного снаряжения, а также для проведения декомпрессии и лечения специфических заболеваний водолазов. Комплекс может использоваться при выполнении работе необорудованного берега, стационарных морских и речных платформ, судов и плавсредств, ледовых полей, плотин электростанций.

Комплекс смонтирован в стандартном утепленном 20-футовом контейнере ИСС и пригоден для транспортировки всеми видами транспорта.

Базовая комплектация комплекса предусматривает один электрокомпрессор производительностью 260 л/мин (230 кгс/см^2), три 130-литровых стационарных воздушных баллона (200 кгс/см^2), пульт управления баллонной группой, водолазный щит с пневмоглубиномерами, рекомпрессионную камеру РКМУ диаметром 1000 мм с полузамкнутой системой вентиляции СВ-1, двухпостовую проводную телефонную водо-

лазную станцию, сварочный преобразователь. Для поддержания комфортных условий предусмотрены кондиционер-калорифер, столы и шкафы для хранения, обслуживания и ремонта водолазного снаряжения и оборудования и одно спальное место для персонала.

Дополнительно для обеспечения работы комплекса может поставляться любое водолазное снаряжение и оборудование: вентилируемое водолазное снаряжение СВВ-97, кабель-шланговые связки длиной до 120 м, установка подводного освещения, комплекс подводного телевидения, оборудование для подводной сварки и резки.

Компоновка и комплектация комплекса могут быть изменены в соответствии с пожеланиями заказчика: возможна установка барокамеры с замкнутой системой вентиляции и дыхательной системой с использованием лицевых масок, любых видов водолазного снаряжения и подводного инструмента.

Для обеспечения работ на глубинах до 60 м комплекс может быть оборудован спускоподъемным устройством и водолажным колоколом «мокрого» типа.

Комплекс может быть выполнен в автономном варианте, а также в варианте декомпрессионного комплекса с барокамерой РКУМ диаметром 1200мм.

Технические характеристики

Максимальная глубина выполнения водолажных работ с использованием комплекса (по запасам воздуха с применением водолазного колокола и СПУ), м	60
Максимальное число водолазов, одновременно работающих под водой	2
Наибольшее время работы двух водолазов на глубине 45 м, без учета декомпрессии, мин	45
Обеспечиваемый режим лечебной рекомпрессии согласно «Межотраслевым правилам...»	3-й
Климатические условия эксплуатации комплекса:	
температура воздуха, °С	от -30 до +40
относительная влажность воздуха, %	до 95
Параметры внешнего источника электроснабжения	380 В, 25 кВт
Масса комплекса в базовой комплектации, кг	5134



ВОДОЛАЗНАЯ ТЕЛЕФОННАЯ СТАНЦИЯ ВТС-2000



Универсальная водолазная телефонная станция ВТС-2000 разработана на замену устаревших и снятых с производства телефонных станций НВТС-М и ТСП-1.

Станция предназначена для обеспечения двусторонней телефонной связи оператора с одним или двумя водолазами, находящимися под водой на глубинах до 60 м, а также для связи водолазов между собой. Помимо этого, станция может быть использована для

обеспечения двусторонней телефонной связи оператора с одним или двумя отсеками водолазных барокамер.

В конструкции телефонной станции ВТС-2000 использована современная элементная база, что позволило существенно улучшить качество связи и надежность станции. Станция размещена в ударопрочном водозащищенном пластиковом корпусе, имеющем рукоятку. Предусмотрена возможность крепления станции на вертикальной плоскости (стене, переборке). По заказу станция может комплектоваться внешним громкоговорителем.

Отличительные особенности станции: компактность, универсальность питания, возможность работы с любыми типами телефонно-микрофонных гарнитур, высокая разборчивость речи.

Станция может использоваться со всеми типами отечественного и импортного водолазного снаряжения.

Коммутационные возможности

- работа с любыми типами водолажных гарнитур отечественного и импортного производства;
- громкоговорящий прием речевых сообщений от двух водолазов (отсеков барокамеры) одновременно;
- передача речевых сообщений каждому водолазу в отдельности или двум водолазам одновременно (циркулярно);
- подача тонального сигнала вызова каждому водолазу в отдельности или двум водолазам одновременно циркулярно;
- связь водолазов между собой с коммутацией и контролем переговоров оператором станции;
- автоматическое переключение на питание от источника постоянного тока при аварии в сети переменного тока;
- индивидуальная регулировка громкости принимаемых и передаваемых сообщений для каждого абонента.

Технические характеристики

Номинальное напряжение питания - сеть переменного тока 220 В
или источник постоянного тока 12-27 В.

Номинальные выходные мощности:

- усилителя приема-передачи — не менее 2 Вт;
- усилителя трансляционного — не менее 10 Вт.

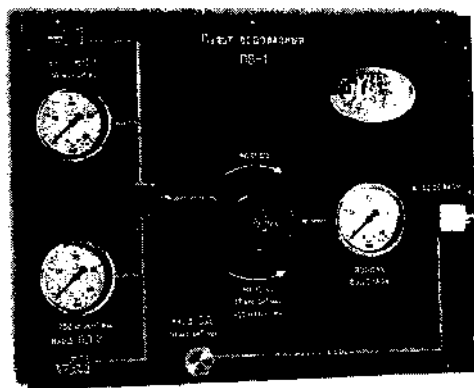
Длина кабелей связи - до 100 м.

Рабочий диапазон температур от -30 до +50 °С при относительной влажности воздуха до 98 %.

Разборчивость речи - не менее 92 % при уровне окружающих шумов 80 дБ.



ПУЛЬТЫ ПОДАЧИ ВОЗДУХА ВОДОЛАЗАМ СЕРИИ ППВ



Новое поколение пультов подачи воздуха серии ППВ разработано для обеспечения спусков водолазов во всех типах водолазного снаряжения на глубины до 60 м.

Пульты могут поставляться в различных модификациях для одного, двух и трех водолазов (ППВ-1, ППВ-2 и ППВ-3 соответственно). Кроме того, есть исполнения для установки на переборке или в металлическом (пластиковом) корпусе с ручками — мобильный вариант.

Все пульты имеют два входа высокого давления и один вход низкого давления. Трехходовой клапан позволяет переключаться от одного источника воздуха высокого давления на другой непосредственно в ходе работы. В комплекте пультов могут поставляться гибкие шланги высокого давления длиной 1,5 м со стравливающими клапанами для подключения к транспортным баллонам в полевых условиях. Для обеспечения работы водолазов в снаряжении с открытой схемой дыхания, а также современном вентилируемом снаряжении типа СВВ-97 в конструкцию пультов включены манометры-пневмоглубиномеры и арматура для подачи воздуха по пневмошлангу замера глубины (модификации ППВ-1Г, ППВ-2Г и ППВ-3Г).

В конструкции пультов использован новый отечественный редуктор ВДС-232/25 со встроенным предохранительным клапаном, разработанный специально для этих целей. Производительность одного редуктора обеспечивает подачу воздуха трем водолазам в вентилируемом снаряжении на глубинах до 60 м. Второй редуктор в пультах ППВ-2 и ППВ-3 является резервным, что существенно повышает надежность пультов. В отличие от ряда импортных аналогов редуктор ВДС-232/25 не обмерзает во время работы при отрицательных температурах. Все комплектующие пультов, включая гибкие шланги, допускают длительную эксплуатацию при низких температурах окружающей среды.

Использование в конструкции оригинальной трубопроводной арматуры делает пульты ремонтпригодными и позволяет произвести разборку пульта, например, при необходимости очистки и дезинфекции трубопроводов. Благодаря унификации основных деталей имеется возможность изготавливать пульты в любой конфигурации в соответствии с пожеланиями заказчика.

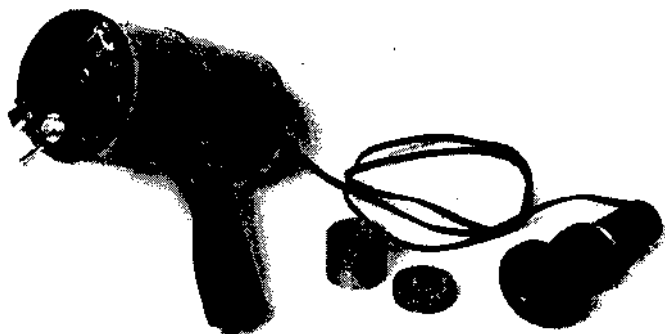
Технические характеристики

	ППВ-1	ППВ-2	ППВ-3
Число обеспечиваемых водолазов	1	2	3
Рабочее давление на входе, кгс/см ²	до 232	до 232	до 232
Рабочее давление на выходе, кгс/см ²	3-25	3-25	3-25
Производительность (при давлении на входе 232 кгс/см ²), л/мин	2500	5000	5000
Производительность (при давлении на входе 50 кгс/см ²), л/мин	1600	3200	3200
Рабочий диапазон температур, °С	от -20 до +40	от -20 до +40	от -20 до +40
Масса, кг	16	21	23
Габаритные размеры, мм	300х320х180	450х360х180	450х360х180



ТОЛЩИНОМЕР ПОДВОДНЫЙ ТПУ-1

Толщиномер подводный ультразвуковой ТПУ-1 предназначен для измерения под водой остаточной толщины обшивки судов и плавучих технических средств, стальных элементов гидротехнических сооружений и стенок трубопроводов при одностороннем доступе к измеряемому объекту.



Толщиномер является автономным прибором, используемым водолазом. Измерительной частью толщиномера ТПУ-1 является наземный ультразвуковой толщиномер УТ-80, выполненный по ТУ 4276-003-11544849-96.

Толщиномер ТПУ-1 имеет выносной датчик-преобразователь на кабеле длиной 1,5 м. Датчик-преобразователь снабжен магнитным фиксатором, что обеспечивает стабильность его положения на объекте и соответственно показаний прибора. Данные измерений отображаются на светодиодном индикаторе прибора.

На задней стенке измерительного блока имеется герморазъем для подключения кабеля передачи результатов измерения на поверхность, что обеспечивает возможность контроля результатов измерения. В этом случае данные измерений отображаются на встроенном в прибор светодиодном индикаторе и одновременно по кабелю передаются на поверхность на отдельный индикатор (репитер).

Конструкция толщиномера позволяет водолазу работать с ним одной рукой. Яркие светящиеся крупные символы на встроенном светодиодном индикаторе позволяют использовать прибор в самых неблагоприятных гидрологических условиях.

Базовый прибор УТ-80 зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под номером 14917-95.

Толщиномер подводный ультразвуковой ТПУ-1 изготавливается и испытывается под надзором Речного регистра Российской Федерации с выдачей соответствующего сертификата на каждый прибор, а также имеет разрешение Госгортехнадзора России на применение № РСР 02-1981.

Технические характеристики		
Рабочая глубина, м		до 60
Диапазон измерения, мм		2-100
Дискретность отсчета цифрового индикатора, мм		0,1
Основная погрешность измерения		
(x - измеряемая толщина, мм), мм	$\pm(0,1+0,015x)$	
Допустимая шероховатость поверхности, мм не более		0,1
Тип источника энергии: аккумуляторы типоразмера		AA
Напряжение питания толщиномера, В		6-9
Время автономной работы без перезарядки аккумуляторов, ч:		
в дежурном режиме		16
в режиме измерений		4
Параметры измерительного блока, мм:		
длина		не более 250
диаметр		не более 100
Масса электронного блока на воздухе, кг		1,85
Плавучесть в воде, кгс		0,65

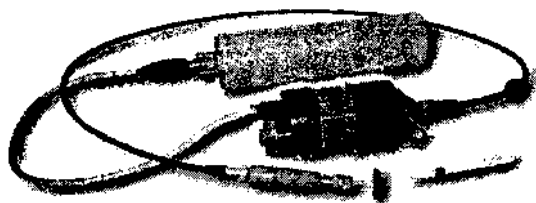


МАШИНКА ЗАЧИСТИЛИ ПОДВОДНАЯ

Машинка зачистная водолазная (МЗВ-40) «Шмель-40» является средством малой механизации водолазного труда.

Машинка «Шмель-40» предназначена для механизированной зачистки водолазом под водой небольших по площади металлических по-

верхностей от продуктов коррозии, лакокрасочного покрытия и обрастаний до чистого металла, а также для сверления отверстий диаметром 6 мм в стальном листе.



Состав машинки:

- подводный электропривод;
- гибкий тросик;
- цанговый зажим;
- набор шарошек и сверл.

Подводный электропривод машинки зачистной «Шмель-40» представляет собой электродвигатель постоянного тока напряжением 12 В, размещенный в маслозаполненном герметичном корпусе. Вал электродвигателя через манжетное уплотнение выходит за пределы герметичного корпуса и стыкуется с гибким тросиком. Герметичный корпус оснащен выключателем, компенсатором давления, гермовводом кабеля и заправочным штуцером для заливки во внутреннюю полость корпуса масла. Диаметр герметичного корпуса электропривода 90 мм, длина 250 мм, масса на воздухе 2,7 кг, вес в воде 0,5 кгс.

Гибкий тросик предназначен для передачи вращающего момента от вала электродвигателя подводного электропривода к режущему инструменту, закрепленному в цанговом зажиме. Гибкий тросик размещен в защитном чехле и имеет длину 1000 или 1500 мм.

Цанговый зажим предназначен для крепления режущего инструмента и удержания его водолазом во время работы.

Входящий в комплект поставки набор из 4 шарошек по металлу различной конфигурации позволяет производить очистку металлической поверхности под толщинометрию, сварку, зачистку трещин, очистку сварных швов от шлака, продуктов коррозии и защитных покрытий и пр. Включенное в комплект поставки сверло диаметром 6 мм предназначено для засверловки концов трещин.

Потребляемая при работе машинки зачистной «Шмель-40» мощность доходит до 200 Вт в зависимости от нагрузки на режущий инструмент. «Шмель-40» питается с поверхности напряжением 24 В по кабелю длиной 64 м. По дополнительному заказу возможна поставка погружной аккумуляторной батареи емкостью до 140 Вт ч.

© Издательство Фирма «Слово»
123007, Москва, Хорошевское шоссе, д. 76 а.
ЛР № 071523 от 22 октября 1997 г.

Редактор *В. В. Круговых*
Литературный редактор *Т. А. Перфильева*
Корректор *Л. П. Васильева*
Художник обложки *В. П. Рой*
Компьютерная верстка *А. Г. Беляев, В. С. Онищенко*

Сдано в набор 02.02.2001. Подписано в печать 27.06.2001.
Формат 60х90/16. Бумага офсетная № 1. Гарнитура Ньютон.
Печать офсетная. Печ. л. 43,5. Тираж 1100 экз. Заказ 4696.
Цена договорная.

Отпечатано в Производственно-издательском комбинате
ВИНИТИ РАН
140010, г. Люберцы, 10, Московская обл., Октябрьский проспект, 403.
Тел. 554-21-86