

УДК 546.32-39:622.867.324

*Э.Г. Ильинский, канд. техн. наук, заведомо, Н.Н. Бурега, ст. науч. сотр.,
Л.А. Зборщик, инж. НИИГД «Респиратор»*

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПРОДУКТА ИЗОЛИРУЮЩИХ САМОСПАСАТЕЛЕЙ

Рассмотрены возможности повторного использования регенеративного продукта из герметичных изолирующих самоспасателей с истекшим сроком службы (или забракованных по разным причинам). Это необходимо потому, что регенеративные продукты не производят на территории Украины, отсюда их высокая стоимость, сложности доставки. Приведен анализ разработок, выполненных НИИГД «Респиратор» в течение длительного времени и связанных с возможностью повторного использования регенеративного продукта в чистом виде и в составе смесей.

Ключевые слова: регенеративный продукт, изолирующий самоспасатель, повторное использование, средства индивидуальной защиты органов дыхания, шахта.

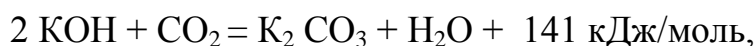
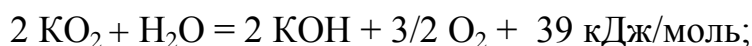
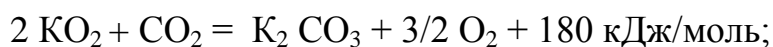
Для обеспечения жизнедеятельности в аварийных ситуациях необходимы средства индивидуальной защиты органов дыхания [6]. На шахтах Украины широко применяют шахтные изолирующие самоспасатели типа ШСС-1 [7]. Они надежны, просты в эксплуатации, и при правильном использовании срок их службы – не менее 5 лет. В настоящее время на шахтах находится более 50 тыс. изолирующих самоспасателей, которые по истечении срока службы, из-за механических повреждений или коррозионного разрушения должны быть уничтожены. Ранее их сжигали, чем наносили непоправимый ущерб экологии нашего региона, а также терялись тонны дефицитных импортных химикатов, металла, пластмассы. В настоящее время с целью оздоровления экологии региона самоспасатели с истекшим сроком службы «гасят водой». Многолетняя практика наблюдения за самоспасателями ШСС-1 во время и после эксплуатации в шахтах показала, что основные узлы и детали, за исключением футляра из углеродистой стали, часто сохраняют показатели назначения и надежности на уровне действующих требований к самоспасателям и вполне пригодны для дальнейшего использования [3]. Внедрение в отечественную практику технологии утилизации шахтных самоспасателей, в частности повторного использования кислородсодержащего продукта, позволит несколько оздоровить непростую экологическую ситуацию в регионе и сэкономить значительные

материальные ресурсы. Этот вопрос стал насущным в настоящее время из-за удорожания импортного продукта ОКЧ-3, ограничения объемов поставок, усовершенствования конструкции самоспасателя ШСС-1, направленного на увеличение срока службы до 7 лет, и отмены его среднего ремонта.

В изолирующих шахтных самоспасателях кислородсодержащий продукт поглощает диоксид углерода и влагу выдыхаемого человеком воздуха, обогащается кислородом и поступает на вдох [4]. Специалистами НИОХИМ (Харьков) и ТамбовНИХИ (РФ) разработаны составы кислородсодержащих продуктов, которые могут быть использованы для регенерации воздуха в изолирующих дыхательных аппаратах в зависимости от цели и способа их применения. Наиболее распространенными надперекисными продуктами во всем мире являются надпероксиды калия и натрия из-за технологичности их производства, относительной безопасности, высокой регенерирующей и сорбционной способности [2]. В отечественных средствах индивидуальной защиты органов дыхания с химически связанным кислородом наибольшее применение получил калиевый продукт с названием ОКЧ-3 [8]. Процесс хемосорбции протекает неоднозначно и зависит от многих условий: состояния калиевого продукта, соотношения объемов диоксида углерода и влаги в регенерируемом воздухе, скорости воздушных потоков, температуры и многих других факторов. Продукт для регенерации воздуха в изолирующих системах жизнеобеспечения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- высокая стехиометрическая вместимость по кислороду (O_2) и диоксиду углерода (CO_2);
- высокая кинетика поглощения паров воды и CO_2 , обеспечивающая достаточную степень использования стехиометрической вместимости;
- разветвленная структура транспортных пор, обеспечивающая высокую диффузию газов в гранулы сорбента;
- стабильность пористой структуры в процессе работы;
- минимальные объемные изменения в процессе эксплуатации;
- минимальные тепловые эффекты;
- минимальная токсическая опасность для пользователя.

Схематично процессы хемосорбции, протекающие в дыхательном аппарате, можно представить следующими уравнениями химических реакций:



т.е. протекают экзотермические реакции, которые приводят к значительному нагреванию выдыхаемого воздуха и самого продукта и, в конечном итоге, к спеканию и даже плавлению гранул последнего. Часто происходит уменьшение длины и объема (иногда полная закупорка) транспортных пор продукта, что в дальнейшем затрудняет диффузию паров воды и диоксида углерода в гранулы продукта. Кислородсодержащий продукт ОКЧ-3 представляет собой химическое вещество, состоящее из гранул неправильной формы с диаметром 2...7 мм, ярко-желтого цвета. Прочность на истирание деловой фракции 3,5...5,5 мм – не менее 90 %. Состав надперекисного продукта ОКЧ-3: надперекись калия (KO_2) – не менее 85 %; известь гашеная (CaO) 11...15 %; асбест хризотилковый $[\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)\cdot\text{OH}]$ 1,5...2,5 %.

НИИГД осуществлял массовую проверку технического состояния самоспасателей типа ШСС с истекшим сроком службы и накопил определенные данные о возможности повторного использования регенеративного патрона с продуктом ОКЧ-3, а также некоторых комплектующих самоспасателей. При утилизации самоспасателей (1990 – 1994) установлено, что герметичные, не использованные по назначению самоспасатели, к концу срока эксплуатации (2,5...3 года) оставались работоспособными и сохраняли показатели на уровне требований к самоспасателю, что позволяло продлевать срок их службы сверх гарантийного на 1...2 года и такие работы проводили вплоть до 2005 г.[1]. Кроме того, завод-изготовитель восстанавливал самоспасатели ШСС-1 без смены регенеративного патрона, что позволяло продлить срок службы самоспасателей еще на 2 года. Известен также респиратор РС, в конструкции которого предусмотрено применение герметичных регенеративных патронов самоспасателей, отслуживших назначенный срок, наравне с вновь изготовленными патронами [9]. Таким образом, используют регенеративные патроны герметичных самоспасателей с истекшим сроком службы давно (10...15 лет) и время подтвердило правомерность этого. Применение же регенеративного продукта из отслуживших свой срок герметичных самоспасателей привлекательно, но довольно трудоемко и опасно. Специфическая особенность надперекисных продуктов – высокая гигроскопичность, а также высокая окислительная способность. Эти продукты пожаробезопасны, но в контакте с влагой они разлагаются с выделением кислорода и, контактируя с органическими веществами, могут вызвать воспламенение последних, сопровождающееся даже взрывом. Поэтому извлекать кислородсодержащий продукт из самоспасателей с истекшим сроком службы необходимо быстро, четко, с соблюдением всех требований безопасности обученного персонала.

Гарантийный срок службы регенеративного продукта ОКЧ-3 на основании технических условий 6 лет. Однако отечественный опыт многолетних исследований средств химической регенерации воздуха в форме

гранул для изолирующих систем жизнеобеспечения свидетельствует о стабильности кислородсодержащих продуктов, сохраняющих концентрацию активного кислорода и поглотительную способность по диоксиду углерода и влаге на протяжении не менее 10 лет при их снаряжении в регенеративные патроны и не менее 20 лет при их хранении в герметичной таре. О хорошей сохраняемости регенеративного продукта ОКЧ-3 можно судить по работоспособности отечественных самоспасателей с истекшим сроком службы, снаряженных этим продуктом. Зарубежные модели шахтных самоспасателей, снаряженных кислородсодержащим продуктом также на основе KO_2 , имеют срок службы при хранении не менее 10 лет. Для подтверждения того, что продукт ОКЧ-3 из герметичных самоспасателей с истекшим сроком службы или забракованных по другим причинам можно использовать для повторного снаряжения дыхательных аппаратов, НИИГД проведены научные исследования. Продукт из самоспасателей ШСС-1 с истекшим сроком службы и продукт, извлеченный из самоспасателей ШСС-1ПВ KS (прошедших эксплуатацию в Чехии ~ 7 лет), проверяли по физико-механическим показателям: прочность на истирание, гранулометрический состав, насыпная плотность; и по химическим параметрам: объемные доли активного кислорода и связанного диоксида углерода на соответствие требованиям к продукту ОКЧ-3 (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Характеристика продуктов ОКЧ-3

Параметр продукта ОКЧ	Вид продукта ОКЧ			Требования к продукту
	Извлеченный из ШСС-1	Извлеченный из ШСС-1ПВ	Свежеизготовленный	
Объемная доля активного кислорода, %	26,3	25,5	26,85	Не менее 25,5
Объемная доля связанного диоксида углерода, %	0,8	0,9	0,5	Не более 1,0
Прочность гранул, %	92,0	93,0	94,0	Не менее 90,0
Насыпная плотность, г/см ³	0,83	0,85	0,82	-

Таблица 2

Гранулометрический состав продуктов ОКЧ-3

Диаметр гранул продукта, мм	Массовая доля ОКЧ-3, %			Требования к ОКЧ-3
	извлеченного из ШСС-1	извлеченного из ШСС-III	свежеизготовленного	
> 5	26,06	12,73	39,56	5,5÷6,5 мм – не > 25 %
> 3	62,18	74,24	49,84	3,5-5,5 мм – не регламентируется
> 2	9,73	9,18	5,95	1,0...3,5 мм – не > 20 %
> 1	1,05	1,66	2,0	< 1 мм – не > 3 %
< 1	0,98	1,52	2,65	

Затем продуктом ОКЧ-3 из самоспасателей с истекшим сроком службы после тщательного перемешивания и отсеивания от избытка пыли были снаряжены экспериментальные патроны с противопылевым фильтром, без пускового устройства и защитного футляра. Конструкция этих патронов максимально приближена к конструкции регенеративных патронов самоспасателей ШСС-1. Экспериментальные патроны для определения динамических, сорбционных параметров продукта были испытаны на динамической установке с искусственными легкими, имитирующей внешнее дыхание человека, в режиме, соответствующем по параметрам дыхания нагрузке средней тяжести и характеризующимся легочной вентиляцией $(35_{-0,5})$ дм³/мин с частотой пульсаций 20 мин⁻¹ и следующими параметрами газовоздушной смеси (ГВС) на выходе из динамической установки:

- объемная доля диоксида углерода, %4,0_{-0,1}
- соотношение продолжительности фаз вдоха и выдоха1:1
- температура ГВС, К (°С)310,0±0,5
(37,0±0,5)
- относительная влажность ГВС, %95...100

Результаты испытаний кислородсодержащего продукта, извлеченного из самоспасателей с истекшим сроком службы, а также результаты испытаний свежеизготовленного продукта представлены в табл. 3.

Анализируя результаты, представленные в табл. 1, 2, можно сделать вывод, что все параметры продукта из герметичных самоспасателей, которые эксплуатировали 3...7 лет, соответствуют требованиям к ОКЧ-3, а результаты испытаний на динамической установке, представленные в табл. 3, показали полное соответствие требованиям к самоспасателю ШСС-1.

Таблица 3

Исследование кислородсодержащего продукта ОКЧ-3, извлеченного из самоспасателей, на динамической установке с искусственными легкими

Особенности кислородсодержащего продукта	Масса продукта в патроне, г	Результаты испытаний						
		ВЗД _{факт} , мин	Объемная доля O ₂ первые 3 мин, %	Объемная доля O ₂ на 50 мин, %	Объемная доля CO ₂ на 50 мин, %	Среднее значение объемной доли CO ₂ , %	Сопротив- ление дыханию на 50 мин, кПа	Температура вдыхаемого воздуха на 50 мин (реальная), °C
Извлеченный из самоспасателей ШСС-1, бывших в эксплуатации	880 930	58	22,7	97,3	1,12	0,93	0,76/0,80* 0,67/0,70	58
		60	21,3	94,3	1,05	0,88		56
Извлеченный из самоспасателей ШСС-1ПВ, бывших в эксплуатации	890	55	22,4	95,1	1,07	0,91	0,78/0,74	58
Свежеизготовленный	860	58	23,0	93,5	1,01	0,9	0,62/0,68	60
Требования к ШСС-1	—	Не менее 50	Не менее 21	-	Не более 3,0	Не более 1,5	Не более 0,10	Не более 60

* На вдохе и выдохе

Однако, учитывая жесткие условия эксплуатации самоспасателей в подземных выработках, в составе регенеративного продукта стали преобладать гранулы диаметром 3 мм, что может впоследствии при повторном снаряжении, с одной стороны, привести к повышению сопротивления дыханию, а с другой стороны, улучшить сорбционные показатели продукта по диоксиду углерода за счет увеличения общей активной поверхности гранул и скорости диффузии диоксида углерода в гранулы. Также следует иметь в виду, что на сорбционные свойства ОКЧ-3 по диоксиду углерода, а следовательно, и на кислородовыделение существенное влияние оказывает вторичная структура регенеративного продукта (пористость, удельная поверхность, распределение пор по эффективным радиусам), которая, по-видимому, в продукте ОКЧ-3 разных партий нестабильна.

Повторное использование продукта ОКЧ-3 при снаряжении дыхательной аппаратуры рекомендовано путем смешения последнего в различных соотношениях со свежеизготовленным продуктом ОКЧ-3 или без смешения при снаряжении боевых патронов учебного самоспасателя ШСС-1Т1 [5]. Во всех случаях повторного использования продукта ОКЧ-3 каждая его партия должна пройти входной контроль, быть тщательно проанализирована и испытана, прежде чем ее использовать в чистом виде или в составе смесей. В любом случае повторное использование продукта ОКЧ-3 из герметичных самоспасателей с истекшим сроком службы (или забракованных по иным причинам) в чистом виде и в качестве компонента смесей даст значительный экономический эффект.

Список литературы

1. Бурего Н.Н. Опыт сервисного обслуживания шахтных самоспасателей / Н.Н. Бурего, А.Э. Ильинский, В.О. Положий // Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли: сб. тез. докл. науч.-практ. конф. – Макеевка, 2004. – С. 331 – 333.
2. Вольнов И.И. Перекисные соединения щелочных металлов / И.И. Вольнов. – М.: Наука, 1980. – 160 с.
3. Горовец П.М. Шахтные изолирующие самоспасатели ШС-7М / П.М. Горовец, А.С. Аленгоз, А.Ф. Заргана // Безопасность труда в пром-сти. – 1985. – № 6. – С.23 – 24.
4. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ / Н.С.Диденко. – М.: Недра, 1990. – 160 с.
5. Зборщик Л.А. Учебный самоспасатель ШСС-1Т1 / Л.А. Зборщик, Н.Н. Бурего // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. / НИИГД. – Донецк, 2007. – Вып. 44. – С.136 – 139.

6. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-05: затв. Держкомітетом України з нагляду за охороною праці 16.11.2005. – Київ, 2005. – 398 с.

7. Система саморятування гірників. Загальні вимоги: СОУ 10.1-00174102-002004: Чинний від 01.07.2005. – Донецьк, 2006. – 23 с.

8. Синтез надперекиси калия / Ю.А. Ферапонтов, А.А. Гурьев, Д.В. Жданов и др. // Труды VIII региональной конференции «Проблемы химии и химической технологии». – Воронеж, 2000.

9. Ovcharov V.K. Chemical Oxygen Respiratory Protective Means for Miners and Mine Rescuers / V.K. Ovcharov, E.G. Ilyinsky, E.I. Konopelko // The 28th International Conference of the Safety in Mines Research Institutes: Proceedings of the Conference. Vol. 2. – Petrosani, Romania: National Institute for Mining Safety and Explosion Protection, 1999. – P. 505 – 520.

Получено 22.04.2010