

УДК 62-1/-9

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ АДСОРБЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗОЛИРУЮЩИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

<sup>1</sup>Шевченко Т.В., <sup>1</sup>Сенчурова Л.А., <sup>2</sup>Ульрих Е.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», Кемерово;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», Кемерово, e-mail: elen.ulrich@mail.ru

Представлены теоретические и практические исследования по разработке технологии обезвреживания активных компонентов регенеративных патронов промышленных изолирующих дыхательных аппаратов, широко используемых в различных областях во время чрезвычайных ситуаций. Установлено, что отсутствие организованной промышленной утилизации таких аппаратов и их выброс на промышленные свалки приводят к аварийным взрывам. Изучена возможность использования водной и кислотной технологий промышленной утилизации активных компонентов шахтных самоспасателей. Установлено, что технология их обезвреживания методом кислотной обработки является более эффективной. Отмечено снижение объема выделяющихся газов, которое зависит от концентрации используемой кислоты. При ее повышении объем газов существенно снижается. Предложен способ утилизации полученных растворов хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов в качестве антиобледенителей дорог.

**Ключевые слова:** шахтные самоспасатели, регенеративные патроны, утилизация, кислород, кислота, растворы хлоридов

## TECHNOLOGICAL FEATURES OF ADSORPTIVE DISPOSAL OF INDUSTRIAL COMPONENTS CONTAINED BREATHING APPARATUS

<sup>1</sup>Shevchenko T.V., <sup>1</sup>Senchurova L.A., <sup>2</sup>Ulrikh E.V.

<sup>1</sup>Kemerovo Technological Institute of food industry (University), Kemerovo;

<sup>2</sup>Federal State Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State Agricultural Institute», Kemerovo, e-mail: elen.ulrich@mail.ru

The theoretical and practical research to develop technologies of neutralization of the active components of the regenerative cartridges industrial insulating breathing apparatus widely used in various areas during emergencies. It was found that the absence of an organized industrial utilization of these vehicles and their emissions on the industrial landfill lead to accidental explosions. The possibility of using an aqueous acid and technology industrial utilization of the active components of self-rescuers mine. It was established that the technology of their neutralization by the acid treatment is more effective. A decrease in the volume of gases evolved, which depend on the concentration of acid used. With its increasing volume of gas is significantly reduced. A method for recycling of the resulting solutions of chlorides of alkali and alkaline earth metals as road de-icers.

**Keywords:** self-rescuers mine, regenerative cartridges, recycle, oxygen, acid, chloride solution

Изолирующие дыхательные аппараты с адсорбционными компонентами, содержащими вещества с химически связанным кислородом (самоспасатели), эффективно применяются для спасения людей и ликвидации аварий в загазованных помещениях, при пожарах, в закрытых или изолированных пространствах [1]. Они эксплуатируются при температуре от минус 20° до 40°С при высокой относительной влажности воздуха до 100% и повышенном атмосферном давлении до 133,3 кПа (1000 мм рт. ст. или до давления 1,4 атм). Общий вид некоторых самоспасателей представлен на рис. 1 [2].

В настоящее время такие аппараты получили наибольшее распространение и нашли широкое применение при работе в шахтах в случае опасных и внезапных выбросов метана, при его взрывах и горении. Например, годовая потребность в самоспа-

сателях компании «СУЭК-Кузбасс» составляет 6500 шт.

Внутреннее строение самоспасателя представлено на рис. 2 [3]. Каждый работник, спускающийся в шахту, обязан иметь индивидуальное средство спасения, через маску которого он дышит в случае чрезвычайной ситуации. Известно, что выдыхаемый воздух содержит повышенное количество углекислого газа и воды (табл. 1). Эти компоненты должны активно реагировать с химическими веществами, находящимися в поглотительных патронах самоспасателей, и способствовать выделению кислорода.

Из представленной табл. 1 следует, что содержание кислорода в выдыхаемом воздухе резко (на 4,5%) снижается по сравнению с вдыхаемой воздушной смесью, при этом содержание углекислого газа повышается в 100 раз.

Таблица 1

Содержание газовых компонентов в воздухе, %

Вид воздуха	Кислород	Углекислый газ	Азот и другие газы
Вдыхаемый воздух	20,94	0,03	79,03
Выдыхаемый воздух	16,3	4,0	79,7



Рис. 1. Общий вид промышленных самоспасателей

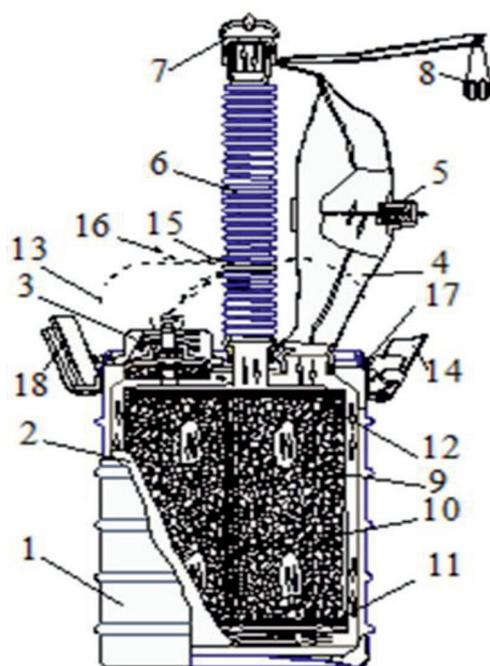


Рис. 2. Структура самоспасателя ШСС-1

Самоспасатель ШСС-1 имеет герметичный стальной корпус 1 цилиндрической формы, в который вмонтирован регенеративный патрон 2 с пусковым устройством 3. К регенеративному патрону 2 подсоединен дыхательный мешок 4 с избыточным клапаном 5 и гофрированный шланг 6 с загубником 7 и носовым зажимом 8. Воздух проходит через наполнитель 9 и под-

нимается вверх для дыхания. Остальные составные части самоспасателей (СС) (№ 10–18) согласно рис. 2, имеют второстепенное эксплуатационное значение. Известны различные составы наполнителей регенерационных патронов. Типы самоспасателей и составы их активных наполнителей представлены в табл. 2.

Из табл. 1 следует, что активными компонентами в наполнителях являются различные композиции, состоящие из оксидов, пероксидов, надпероксидов щелочных металлов, гидроксидов щелочных и щелочноземельных металлов и некоторых других специальных функциональных добавок (асбест). Пероксиды – вещества, содержащие пероксигруппу —О—О— (например, пероксид водорода –  $H_2O_2$ , пероксид натрия –  $Na_2O_2$ ). В пероксидах кислород имеет степень окисления – 1. Надпероксиды (надперекиси) – неорганические соединения, содержащие анион  $O_2^-$ , например надпероксид калия  $KO_2$ . Кислородные соединения, содержащие атомы кислорода в степени окисления  $-1/2$ , известны для щелочных и щелочноземельных металлов. Они позволяют эффективно поглощать из выдыхаемого воздуха углекислый газ и воду, выделяя взамен молекулярный кислород. Пероксиды и надпероксиды натрия являются очень сильными окислителями [4].

**Цель исследования:** создание наиболее эффективной и безопасной технологии утилизации наполнителей регенеративных патронов СС.

Таблица 2

Состав наполнителей самоспасателей (СС), %

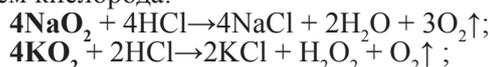
№ п/п	тип СС	Na <sub>2</sub> O	NaO <sub>2</sub>	NaOH	Ca(OH) <sub>2</sub>	KO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	KOH	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Другие
1	Б-21	11	71	3	15						
2	В-64					95					Асбест-5
3	Пб-4		15				40				KHSO <sub>4</sub> -40, Al-3, Асбест-2
4	РБ-5-1		25			70					Асбест-2
5	РБ-5		25			70					Ca(OH) <sub>2</sub> , 5, асб.-2
6	ХПИ			4				22,5			Ca(OH) <sub>2</sub> , 2-96
7	ОКЧ-3					66,7		22,5	10,5	18,1	–

В настоящее время резко обострилась проблема утилизации регенеративных патронов различных марок, в состав которых входят остаточные количества веществ, разлагающиеся с выделением кислорода. Выброс их на свалки мусора приводит к самопроизвольным взрывам, что грозит жизни людей. Поэтому на совещании «Об итогах реструктуризации и перспективах развития угольной промышленности», состоявшемся 24.01.2012 в Кемерове, постановили направить из федерального бюджета около 500 млн руб. на финансирование НИОКР по разработке, внедрению современных средств индивидуальной защиты и спасения горняков и поиску путей их эффективной утилизации [5, 6].

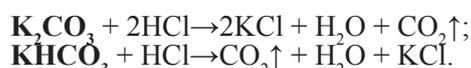
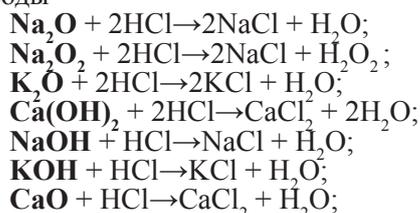
Для создания эффективной технологии утилизации учтены химические свойства оставшихся в отработанном СС активных компонентов поглотительных систем. При эксперименте использованы технологии утилизации с применением двух компонентов – раствора соляной кислоты и промышленной воды.

1. Химические процессы утилизации с использованием раствора соляной кислоты

1.1. Технология утилизации с выделением кислорода:

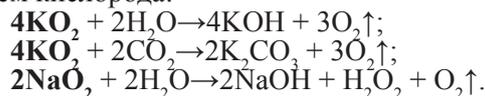


1.2. Технология утилизации без выделения кислорода с образованием хлоридов и воды

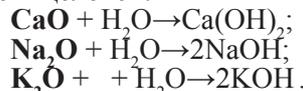


2. Химические процессы утилизации с использованием воды

2.1. Технология утилизации с выделением кислорода:



2.2. Технология утилизации с образованием щелочей:



На основании предварительного обзора химических процессов сделаны выводы:

– реакции активных компонентов СС с соляной кислотой идут с выделением смеси кислорода и углекислого газа и образованием хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов;

– реакции активных компонентов СС с водой протекают с выделением кислорода и образованием хлоридов и едких щелочей;

– регенерация с использованием раствора соляной кислоты более эффективна и безопасна.

Материалы и методы исследования

Ниже приведены уравнения химических реакций основных компонентов регенеративных патронов в процессе эксплуатации. Активные компоненты патронов делятся на две части: одна часть веществ выделяет при работе кислород, другая – связывает углекислый газ.

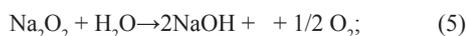
1. Возможные пути выделения кислорода при работе самоспасателя (СС):

а) использование активных компонентов, содержащих надпероксиды калия и натрия (реакции 1–4):



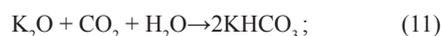


б) использование активных компонентов, содержащих пероксиды натрия (реакции 5–6):



2. Возможные пути поглощения  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  компонентами самоспасателя без выделения кислорода (реакции 7–18):

а) активные компоненты – оксиды щелочных металлов:



б) активные компоненты – оксиды и гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов:



Из представленных схем химических процессов следует, что для полноценной работы СС необходимо одновременное присутствие веществ, выделяющих кислород и поглощающих воду и углекислый газ. Шахтные самоспасатели имеют определенные технические характеристики (табл. 3).

Эксплуатация самоспасателей в течение предусмотренного гарантийного срока службы требует постоянного контроля за герметичностью корпуса (футляра) самоспасателя. Перед спуском в шахту обязательно проводится внешний осмотр самоспасателя.

### Результаты исследования и их обсуждение

Для подтверждения предварительно полученных выводов проведены экспериментальные лабораторные исследования, основанные на измерении объемов газов с помощью специальной газометрической установки и на результатах титрометрического анализа полученных растворов.

Утилизация гранулированных компонентов регенеративных патронов СС марки Б-21 (гранулы) проведена тремя вариантами:

- 1 – регенерация с использованием воды;
- 2 – регенерация с использованием соляной кислоты (2,97%);
- 3 – регенерация с использованием соляной кислоты (4,39%).

Результаты испытаний представлены в табл. 4.

Таблица 3

#### Технические характеристики ШСС

№ п/п	Техническая характеристика	Значение характеристики
1	Время защитного действия, мин: при передвижении	30
2	Время защитного действия, мин: при отсиживании	130
3	Температура вдыхаемого воздуха, °С, не более	58
4	Масса, кг, не более	1,5
5	Размеры, мм	178x152x172
6	Срок службы, год	4

Таблица 4

#### Характеристика процессов утилизации гранул.

№ варианта	Масса гранул, г	Объем воды, мл	Объем кислоты, мл	Массовая доля кислоты, %	С кислоты, моль/дм <sup>3</sup>	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Объем газа, мл
1	0,445	20	–	–	–	1,020	25
2	0,446	–	20	2,97	0,83	1,013	15
3	0,445	–	20	4,39	1,23	1,200	9

Из табл. 4 следует, что объемы выделившегося газа при использовании кислоты с концентрациями 4,39 и 2,97 моль/дм<sup>3</sup> ниже в 2,8, в 1,7 раза соответственно, чем при использовании воды; доказано, что с повышением концентрации кислоты количество выделяемого газа (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) уменьшается с одновременным повышением содержания хлоридов.

На основании проведенных исследований предложена технология утилизации активных компонентов регенеративных патронов СС с использованием растворов соляной кислоты. Проверена возможность применения полученных растворов хлоридов в качестве растворов для очистки дорог от ледяных покрытий в зимнее время.

### Выводы

1. Выбран реагент для утилизации наполнителей самоспасателей.

2. В качестве оптимального реагента для утилизации выбран водный раствор соляной кислоты с концентрацией 5%.

3. Реакция кислотной утилизации является высокоскоростной, вызывает бурное выделение газов, среди которых наиболее опасным является молекулярный кислород.

4. Для безопасного проведения процесса утилизации наполнителей СС при организации местной вытяжки необходимо строгое соблюдение правил техники безопасности с использованием индивидуальных средств защиты (очки, противогаз, фартук, перчатки).

### Список литературы

1. Ахметов Н.А. Общая и неорганическая химия. 4 издание, 2001. – 350 с.
2. ГОСТ Р 12.4.220–2001. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (самоспасатели).

Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 19 с.

3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 года». [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_148920/b0f1f149e1eed9df76db202e1838da1fcb0fbcf3/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148920/b0f1f149e1eed9df76db202e1838da1fcb0fbcf3/).

4. Гудков С.В., Матвейкин В.Г., Шаповалов Г.Г. Преимущества использования изолирующих самоспасателей с химически связанным кислородом в угольных шахтах // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 11. – С. 40–44.

5. Закон Кемеровской области от 21 июля 2014 года № 80-ОЗ «О внесении изменений в Закон Кемеровской области «Об усилении ответственности за нарушение условий безопасности и охраны труда в организациях угольной промышленности». <http://kemer-gov.ru/doc/48556>.

6. Огурецкий В.А., Егоров В.Н. Размышления об использовании самоспасателей изолирующих с химически связанным кислородом на угольных шахтах // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 4. – С. 54–60.

### References

1. Ahmetov N.A. Obshhaja i neorganicheskaja himija. 4 izdanie, 2001. 350 p.
2. GOST R 12.4.220–2001. Sredstva individualnoj zashhity organov dyhanija. Apparaty izolirujushhie avtonomnye s himicheski svjazannym kislородом (samospasa-teli). Obshhie tehnicheckie trebovanija. Metody ispyta-nij. M.: Izd-vo standartov, 2001. 19 p.
3. Gosudarstvennaja programma Rossijskoj Federacii «Razvitiе promyshlennosti i povyshenie ee konkuren-tosposobnosti na period do 2020 goda». [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_148920/b0f1f149e1eed9df76db202e1838da1fcb0fbcf3/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148920/b0f1f149e1eed9df76db202e1838da1fcb0fbcf3/).
4. Gudkov S.V., Matvejkin V.G., Shapovalov G.G. Preimushhestva ispolzovanija izolirujushhijh samospasatelej s himicheski svjazannym kislородом v ugolnyh shahtah // Bezopasnost truda v promyshlennosti. 2012. no. 11. pp. 40–44.
5. Zakon Kemerovskoj oblasti ot 21 ijulja 2014 goda no. 80-OZ «O vnesenii izmenenij v Zakon Kemerovskoj oblasti «Ob usilenii otvetstvennosti za narushenie uslovij bezopasnosti i ohrany truda v organizacijah ugolnoj promyshlennosti». <http://kemer-gov.ru/doc/48556>.
6. Ogureckij V.A., Egorov V.N. Razmyshlenija ob ispolzovanii samospasatelej izolirujushhijh s himicheski svjazannym kislородом na ugolnyh shahtah // Bezopasnost truda v promyshlennosti. 2012. no. 4. pp. 54–60.