

Российская Академия наук
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
ОАО «Корпорация «Росхимзащита»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»
Администрация Тамбовской области

**«СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ, ИНДИКАЦИИ,
ХИМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ И ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА
ОТ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ
ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ»**

Материалы Международной научно-практической конференции
9 октября 2013 г.



Тамбов
◆ Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ» ◆
2013

УДК 614.7./8
ББК 6П7.43
С83

Редакционная коллегия:

Путин Б. В. – ответственный редактор генеральный директор ОАО «Корпорация «Росхимзащита», Заслуженный химик Российской Федерации, член-корреспондент РАИИ; *Некрасов А. В.* – председатель Совета директоров ОАО «Корпорация «Росхимзащита»; *Путин С. Б.* – первый заместитель генерального директора ОАО «Корпорация «Росхимзащита», доктор экономических наук, доцент; *Матвейкин В. Г.* – заместитель генерального директора ОАО «Корпорация «Росхимзащита», доктор технических наук, профессор; *Дворецкий С. И.* – и.о. ректора ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор.

С83

Системы и технологии жизнеобеспечения, индикации, химической разведки и защиты человека от негативных факторов химической природы : материалы Международной научно-практической конференции / отв. ред. С. Б. Путин ; ОАО «Корпорация «Росхимзащита». 9 октября 2013 г. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – 200 с. – 200 экз. – ISBN 978-5-8265-1239-5.

Включены материалы докладов, представленных на Международной научно-практической конференции «Системы и технологии жизнеобеспечения, индикации, химической разведки и защиты человека от негативных факторов химической природы», в которых изложены приоритетные направления развития техники и технологий химической и биологической защиты применительно созданию нового поколения систем жизнеобеспечения и защиты человека в условиях постоянно усиливающихся негативных факторов и увеличения чрезвычайных ситуаций.

Материалы могут быть полезны преподавателям, аспирантам, студентам-исследователям, а также инженерно-техническим работникам различных отраслей промышленности.

УДК 614.7./8
ББК 6П7.43

СОДЕРЖАНИЕ

ОБРАЩЕНИЕ К УЧАСТНИКАМ КОНФЕРЕНЦИИ

генерального директора ОАО «Корпорация «Росхимзащита»
Путина Бориса Викторовича 17

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

1. *Фомкин А. А., Цивадзе А. Ю.* ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ ГАЗОВЫХ
ДЫХАТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ И ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА
СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА 19
2. *Самарин В. Д., Матвейкин В. Г., Путин С. Б.*
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМЫ РАДИА-
ЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ
В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНОЙ БОЕВОЙ ЭКИПИРОВКИ
ВОЕННОСЛУЖАЩЕГО 30
3. *Богданович Н. И., Белецкая М. Г., Лагунова Е. А., Бубнова А. И.*
УГЛЕРОДНЫЕ АДСОРБЕНТЫ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ
АКТИВАЦИИ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ 38
4. *Васильев М. Н.* ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ОПЫТ МФТИ В РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИИ 43
5. *Фомкин А. А.* АДСОРБЦИЯ И ДЕФОРМАЦИЯ АДСОР-
БЕНТОВ 53
6. *Гаспарян М. Д., Грунский В. Н., Беспалов А. В., Давидханова М. Г.,
Шкатов Г. В.* МАЛООБЪЕМНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ВЫСО-
КОПОРИСТЫЕ БЛОЧНО-ЯЧЕЙСТЫЕ ФИЛЬТРЫ-СОРЕБЕНТЫ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ 54
7. *Орлов О. И., Смирнов И. А., Фомкин А. А., Солдатов П. Э.,
Смоленская Т. С.* СРЕДСТВА ФОРМИРОВАНИЯ ГАЗОВОЙ
СРЕДЫ В ГЕРМООБЪЕКТАХ С МАЛОЙ ЭНЕРГОВООРУ-
ЖЁННОСТЬЮ 55
8. *Соловьев С. Н., Каменер Е. А.* ОБЗОР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ГОЛОВНОГО НИИ ПРОТИВОГАЗОВОЙ И СОРЕБЦИОННОЙ
ТЕХНИКИ 57
9. *Самонин В. В.* ПОДГОТОВКА КАДРОВ НА КАФЕДРЕ
СОРЕБЦИОННОЙ ТЕХНИКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА 59

Секция 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ, СРЕДСТВ ИНДИКАЦИИ И ХИМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ, СОЗДАНИЕ ПРОДУКТОВОЙ И ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

10. *Постернак Н. В., Симаненков С. И., Шубина В. Н., Ерохин С. Н.* ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА 61
11. *Дорохов Р. В., Плотников М. Ю., Дворецкий С. И., Краснянский М. Н., Галыгин В. Е., Таров В. П.* РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА ИНДИВИДУАЛЬНОГО И КОЛЛЕКТИВНОГО ТИПА НА ОСНОВЕ НОВОГО РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПРОДУКТА НА ПОРИСТОЙ МАТРИЦЕ 62
12. *Матвиенко Н. Н., Гвоздев С. В., Чеботарев С. П.* ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ 64
13. *Павлова А. Г., Телегин А. А., Юргин А. В.* ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРА ОЧИСТКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОКСИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АТМОСФЕРЫ КОСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ С ТОКСИЧНЫМ КОМПОНЕНТОМ 70
14. *Хромов А. Ю.* РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОСМОСЕ 78
15. *Гудков С. В., Алексеев С. Ю.* АППАРАТНО-ТРЕНАЖЁРНЫЙ КОМПЛЕКС – НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРАВИЛАМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ 79
16. *Путин П. Ю., Матвеев С. В., Лаверов В. А.* ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПУНКТОВ КОЛЛЕКТИВНОГО СПАСЕНИЯ ПЕРСОНАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ 80
17. *Димкович Н. Т.* О РАЗРАБОТКЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ НА СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ 82

18. *Гудков С. В., Потапочкин В. В., Беляев В. П.* ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩИХ И ИЗОЛИРУЮЩИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ГРАЖДАНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ И ДРУГИХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ 86
19. *Карпова И. А., Кисляков Р. А.* ФИЛЬТРУЮЩИЕ САМОСПАСАТЕЛИ ДЛЯ ДЕТЕЙ В ВОЗРАСТЕ ОТ 7 ДО 12 ЛЕТ. ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ 88
20. *Обухов А. Д., Воропаев Д. А., Краснянский М. Н.* РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КАРТОТЕКИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА 91
21. *Сергунин А. С., Гапанова Н. Ц., Постернак Н. В., Симаненков С. И.* СВЕРХБЫСТРАЯ КОРОТКОЦИКЛОВАЯ БЕЗНАГРЕВНАЯ АДСОРБЦИЯ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВ 95
22. *Гудков С. В., Потапочкин В. В., Беляев В. П.* ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ 97
23. *Лаверов В. А., Матвеев С. В., Путин П. Ю., Дворецкий С. И.* ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЫХАНИЯ КАМЕР СПАСАТЕЛЬНЫХ ВСПЛЫВАЮЩИХ 98
24. *Задорожный Н. В., Поляков Д. В.* СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ ЭКИПАЖЕЙ КОРАБЛЕЙ 99
25. *Матвеев С. В., Лаверов В. А., Путин П. Ю.* МОДЕРНИЗАЦИЯ АКТУАЛЬНЫХ И ВОСТРЕБОВАННЫХ НА РЫНКЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ СРЕДСТВ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ 101
26. *Курмазенко Э. А., Цыганков А. С., Кочетков А. А., Прошкин В. Ю.* ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКИПАЖА ДЛЯ МЕЖПЛАНЕТНЫХ АВТОНОМНЫХ ПОЛЁТОВ 102
27. *Мирясов Р. Р., Шлямина О. В., Уваев В. В., Фатхутдинов Р. Х.* РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОМФОРТНОСТИ РАБОТЫ В ЖАРКИХ И ХОЛОДНЫХ УСЛОВИЯХ 111

28. *Фатхутдинов Р. Х., Гайдай В. В., Сайфутдинова И. Ф.*
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЕЛЕКТИВНО-ПРОНИЦАЕМЫХ МЕМБРАН И МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗОЛИРУЮЩЕЙ ЗАЩИТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ 112
29. *Гайдай В. В., Фатхутдинов Р. Х., Уваев В. В., Матвеева В. Ю.*
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗОЛИРУЮЩЕГО ТИПА ПО ШПРЕДИНГОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ 114
30. *Гайдай В. В., Фатхутдинов Р. Х., Уваев В. В., Байрамова В. Р.*
НОВЫЙ ХИМЗАЩИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ФИЛЬТРУЮЩЕГО ТИПА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА 115
31. *Буянов А. Г., Чеканов С. Н.* СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОГО, ХИМИЧЕСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ 116
32. *Гудков С. В., Милосердов А. В.* СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПЕРСОНАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ С УЧЁТОМ МИРОВОГО ОПЫТА 118
33. *Гудков С. В., Новикова М. В.* СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПЕРСОНАЛА, ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 119
34. *Иванов А. М., Третьяков А. А., Оневский М. П.* СТРУКТУРА ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИМИТАЦИИ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА 120

Секция 2

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ОПЫТНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДСТВ И СИСТЕМ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ, СРЕДСТВ ИНДИКАЦИИ И ХИМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

35. *Фомкин А. А., Цивадзе А. Ю., Смирнов И. А., Мурдмаа К. О.*
АКТИВНЫЕ ГАЗОВЫЕ ДЫХАТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ И ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА 126
36. *Колосенцев С. Д., Самонин В. В.* СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ В РОССИИ 127

37. Мухин В. М., Соловьев С. Н. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АКТИВНЫЕ УГЛИ КАК ОСНОВА ДЛЯ КАТАЛИЗАТОРОВ И ХЕМОСОРБЕНТОВ	127
38. Мухин В. М. КОНВЕРСИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ И ХЕМОСОРБЕНТОВ...	129
39. Лагунова Е. А., Богданович Н. И., Кузнецова Л. Н., Цаплина С. А. ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТОВ ИЗ ЧЁРНОГО ЩЁЛОКА В ПРИСУТСТВИИ СУЛЬФАТА НАТРИЯ	130
40. Путин С. Б., Гладышев Н. Ф., Гладышева Т. В., Феррапонтов Ю. А., Феррапонтова Л. Л. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СИСТЕМ РЕГЕНЕРАЦИИ И ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОБИТАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ	135
41. Гладышев Н. Ф., Гладышева Т. В., Феррапонтов Ю. А., Краснянский М. Н., Таров В. П., Галыгин В. Е. ПОЛУЧЕНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ НАДПЕРОКСИДА КАЛИЯ	141
42. Козлов Д. В., Бесов А. С., Воронцов А. В., Пармон В. Н. ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ	146
43. Саляхова М. А., Карасева И. П., Уваев В. В., Пухачева Э. Н., Фатхутдинов Р. Х. ФИЛЬТРУЮЩЕ-СОРБИРУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ С ВНЕДРЁННЫМ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОМ	147
44. Кузнецов М. В., Посохов Н. Н. СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДАТЧИКОВ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ГАЗОВ	149
45. Аникиенко К. А., Аношин С. В., Бычихин Е. А., Константинова О. В., Новожилова Т. И., Холина А. В. БУТИРИЛХОЛИН-ЭСТЕРАЗА ПЛАЗМЫ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ПРОФИЛАКТИКИ ОТРАВЛЕНИЙ ФОСФОР-ОРГАНИЧЕСКИМИ ИНГИБИТОРАМИ АЦЕТИЛХОЛИНЭСТЕРАЗЫ	150
46. Кондратьев В. Б., Аношин С. В., Хрусталева Р. А., Беляев Э. Л. ПЛАСТИЧНАЯ СМАЗКА СК-7-04 – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СМАЗОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ В УСЛОВИЯХ КОСМОСА И ВЫСОКОГО РАЗРЯЖЕНИЯ	151
47. Копытов Ю. Ф. ИСТОРИЯ КИСЛОРОДНОЙ СВЕЧИ	154

48. *Зайцева Л. А., Ерохин С. Н., Симаненков С. И., Путин С. Б., Дворецкий С. И.* РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОФОБНЫХ ЦЕОЛИТОВ И ОЦЕНКА ИХ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК 160
49. *Суворова Ю. А., Гладышев Н. Ф., Гладышева Т. В., Смольская М. А., Филатов Ю. Н.* РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗВЕСТКОВЫХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ С ПОЛИМЕРНЫМ СВЯЗУЮЩИМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ 162
50. *Вихляева М. П., Гладышев Н. Ф., Гладышева Т. В., Суворова Ю. А., Путин С. Б., Дворецкий С. И.* ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ К CO_2 ЛИСТОВОГО ИЗВЕСТКОВОГО ХЕМОСОРБЕНТА В СОСТАВЕ ПОГЛОТИТЕЛЬНЫХ ПАТРОНОВ ДЛЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ 164
51. *Гроховская Ю. А., Филиппова Л. Ю., Шубина В. Н., Козлова Н. П., Дворецкий С. И.* ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛ-ОГРАНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ БЕНЗОЛТРИКАРБОКСИЛАТ МЕДИ ($\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$) ... 169
52. *Дворецкий Д. С., Толстых С. Г., Акулинин Е. И., Чернов Г. А.* ВЛИЯНИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ОБОГАЩЕНИЯ ВОЗДУХА КИСЛОРОДОМ В ПОРТАТИВНОЙ УСТАНОВКЕ КОРОТКОЦИКЛОВОЙ АДСОРБЦИИ 171
53. *Гайдай В. В., Фатхутдинов Р. Х., Уваев В. В., Байрамова В. Р.* НОВЫЙ ХИМЗАЩИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ФИЛЬТРУЮЩЕГО ТИПА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА 174
54. *Бураков А. Е., Романцова И. В., Кучерова А. Е., Ткачев А. Г.* СОЗДАНИЕ НОВОГО ВИДА ПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ 175
55. *Прибылов А. А., Мурдмаа К. О., Скибицкая Н. А., Зекель Л. А.* СОРБЦИЯ МЕТАНА, ЭТАНА, ПРОПАНА, БУТАНА, ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И АЗОТА НА АСФАЛЬТЕНЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 303, 323, 343 К 177
56. *Родаев В. В., Коренков В. В., Абакаров А. Р.* ЭЛЕКТРОФОРМОВАННЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ВОЛОКНА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ 178

57. Ломовцева Е. Е., Ульянова М. А., Путин С. Б., Гатапова Н. Ц., Ряшенцева И. А., Попова С. А. ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ ОСУШИТЕЛЬ ВОЗДУХА	180
58. Ширяев С. М., Ульянова М. А., Андреев В. П., Точилев В. А., Рылов Ю. Б. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА ГРАНУЛИРОВАННОГО РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПРОДУКТА	183
59. Архипова Е. В., Ульянова М. П., Кокорева Н. В. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ХЕМОСОРБЕНТОВ АММИАКА	187
60. Степанова А. С., Степанов С. Л. ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАДИГМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ТЕХНОЛОГИЙ	191
61. Кокорева М. В., Савцова И. О., Дмитриевский Б. С. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ КАК ИННОВАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ	195
РЕШЕНИЕ Международной научно-практической конференции «Системы и технологии жизнеобеспечения, индикации, химической разведки и защиты человека от негативных факторов химической природы»	197

CONTENTS

ADDRESS TO PARTICIPANTS OF THE CONFERENCE of general director of “Roshimzaschita” Boris Putin	17
--	-----------

PLENARY REPORTS

1. <i>Fomkin A. A., Tsvadze A. Yu.</i> PHYSICAL AND CHEMICAL FOUNDATIONS OF ACTIVE GAS RESPIRATORY MIXTURES FORMATION AND EXPRESS DIAGNOSTICS OF HUMAN BODY CONDITION	19
2. <i>Samarin V. D., Matveykin V. G., Putin S. B.</i> ENGINEERING PRINCIPLES OF SUBSYSTEM OF THE RADIATION, CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROTECTION IN COMPOSITION WITH THE SERVICEMAN COMPLEX MILITARY EQUIPMENT	30
3. <i>Bogdanovich N. I., Beletskaya M. G., Lagunova E. A., Bubnova A. I.</i> CARBONIC ADSORBENTS OF THERMOCHEMICAL ACTIVATION OF WOOD WASTE RECYCLING	38
4. <i>Vasilyev M. N.</i> BEAM-PLASMA TECHNOLOGIES: EXPERIENCE OF MFTI IN DEVELOPMENT AND DEPLOYMENT	43
5. <i>Fomkin A. A.</i> ADSORPTION AND DEFORMATION OF ADSORBENTS	53
6. <i>Gasparyan M. D., Grunsky V. N., Bespalov A. V., Davidkhanovala M. G., Shkatov G. V.</i> LOW-CAPACITY CERAMIC HIGH-POROUS BLOCK AND CELLULAR FILTERS-SORBENTS FOR GASES PURIFICATION OF HARMFUL IMPURITIES	54
7. <i>Orlov O. I., Smirnov I. A., Fomkin A. A., Soldatov P. E., Smolenskaya T. S.</i> FORMATION FACILITIES OF GAS ENVIRONMENT IN PRESSURE SEALED WITH MINOR INSTALLED POWER PER EMPLOYEE	55
8. <i>Solovyov S. N., Kamener E. A.</i> ACTIVITY REVIEW OF HEAD SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF ANTIGAS AND SORPTION TECHNICS	57
9. <i>Samonin V. V.</i> STAFF TRAINING ON SORPTION TECHNICS DEPARTMENT OF THE ST. PETERSBURG INSTITUTE OF TECHNOLOGY	59

Section 1

THEORETICAL BASES AND PRINCIPALS OF DEVELOPMENT AND DESIGNING OF INDIVIDUAL AND COLLECTIVE PROTECTION MEANS AND SYSTEMS, MEANS OF INDICATION AND CHEMICAL INVESTIGATION, MAKING OF PRODUCT AND ELEMENTAL BASE

10. *Posternak N. V., Simanenkov S. I., Shubina V. N., Erokhin S. N.* INVESTIGATION OF CARBON DIOXIDE CONCENTRATION PROCESS FOR PHYSICO-CHEMICAL SYSTEM OF AIR REGENERATION 61
11. *Dorohov R. V., Plotnikov M. Yu., Dvoretzky S. I., Krasnyansky M. N., Galygin V. E., Tarov V. P.* DEVELOPMENT OF INDIVIDUAL AND COLLECTIVE AIR REGENERATION FACILITIES ON BASIS OF NEW REGENERATIVE PRODUCT ON THE POROUS MATRIX 62
12. *Matviyenko N. N., Gvozdev S. V., Chebotarev S. P.* PROBLEMS AND AIMS OF NORMATIVE BASE OF INDIVIDUAL PROTECTION FACILITIES DEVELOPMENT FOR ENSURING PEOPLE PROTECTION AT FIRES 64
13. *Pavlova, A. G. Telegin, A. A. Yurgin A. V.* EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE FILTER PURIFICATION FOR TOXIC SAFETY OF THE SPACE STATIONS ATMOSPHERE AT EQUIPMENT DEPRESSURIZATION WITH THE TOXIC COMPONENT 70
14. *Khromov A. Yu.* DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF RESPIRATORY PROTECTIVE MEANS FOR USE IN SPACE 78
15. *Gudkov S. V., Alekseev S. Yu.* HARDWARE-TRAINING SYSTEM – NEW APPROACHES TO FORMATION OF TRAINING SYSTEM FOR RESPIRATORY PROTECTIVE MEANS RULES OF USE 79
16. *Putin P. Yu., Matveev S. V., Laverov V. A.* BASIC APPROACHES TO DEVELOPMENT AND ENGINEERING OF COLLECTIVE RESCUE POINTS FOR COAL MINES STAFF 80
17. *Dimkovich N. T.* ABOUT DEVELOPMENT OF STATE STANDARDS ON RESPIRATORY PROTECTIVE MEANS FOR POPULATION 82

18. <i>Gudkov S. V., Potapochkin V. V., Belyaev V. P.</i> USE OF FILTERING AND SELF-CONTAINED RESPIRATORY FOR CIVILIAN POPULATION AT FIRES AND OTHER EMERGENCY SITUATIONS	86
19. <i>Karpova I. A., Kislyakov R. A.</i> FILTERING SELF-RESCUERS FOR CHILDREN AGED FROM 7 TILL 12 YEARS. PHYSIOLOGIC-HYGIENIC AND TECHNICAL REQUIREMENTS	88
20. <i>Obuhov A. D., Voropayev D. A., Krasnyansky M. N.</i> DEVELOPMENT OF AUTOMATED DATA FILE OF CHEMICAL PRODUCTS AND PERSONS LIFE ACTIVITY PROTECTIVE MEANS	91
21. <i>Sergunin A. S., Gatapova N. Ts., Posternak N. V., Simanenkov S. I.</i> ULTRA-FAST SHORT-CYCLE HEATLESS ADSORPTION AND ITS APPLICATION FOR GASES SEPARATION ...	95
22. <i>Gudkov S. V., Potapochkin V. V., Belyaev V. P.</i> PROBLEMS ON TECHNICAL REGULATION IN THE FIELD OF INDIVIDUAL RESPIRATORY PROTECTIVE MEANS	97
23. <i>Laverov V. A., Matveev S. V., Putin P. Yu., Dvoretzky S. I.</i> ENGINEERING FEATURES OF THE BREATHING ENSURING SYSTEMS (BES) ON FLOATING RESCUE CHAMBERS	98
24. <i>Zadorozhny N. V., Polyakov D. V.</i> CURRENT STATE OF SELF-CONTAINED RESPIRATORY PROTECTIVE MEANS FOR PROTECTION OF THE SHIPS' CREWS	99
25. <i>Matveev S. V., Laverov V. A., Putin P. Yu.</i> MODERNIZATION OF ACTUAL AND RELEVANT ON THE CONSUMER MARKET AIR REGENERATION FACILITIES OF PROTECTIVE CONSTRUCTIONS	101
26. <i>Kurmazenko E. A., Tsygankov A. S., Kochetkov A. A., Proshkin V. Yu.</i> THE INTEGRATED CREW LIFE SUPPORT SYSTEMS FOR INTERPLANETARY AUTONOMY FLIGHTS	102
27. <i>Miryasov R. R., Shlyamina O. V., Uvayev V. V., Fatkhutdinov R. Kh.</i> DEVELOPMENT OF DEVICES FOR COMFORT WORK AT HOT AND FRIGID CLIMATE	111

28. <i>Fatkhutdinov R. Kh., Gaidai V. V., Sayfutdinova I. F.</i> TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF RECEIVING SELEKTIVELY PERMEABLE MEMBRANES AND MEMBRANE MATERIALS FOR PRODUCTION THE SELF-CONTAINED PROTECTIVE MEANS OF NEW GENERATION	112
29. <i>Gaidai V. V., Fatkhutdinov R. Kh., Uvayev V. V., Matveeva V. Yu.</i> DEVELOPMENT OF NEW PROTECTIVE MATERIALS OF SELF-CONTAINED TYPE ON SPREADING TECHNOLOGY	114
30. <i>Gaidai V. V., Fatkhutdinov R. Kh., Uvayev V. V., Bayramova V. R.</i> NEW CHEMICAL PROTECTIVE MATERIAL OF FILTERING TYPE ON THE BASIS OF THE CARBON SORBENT	115
31. <i>Buyanov A. G., Chekanov S. N.</i> RESPIRATORY PROTECTIVE MEANS FOR USE IN THE CONDITIONS OF RADIATION, CHEMICAL AND BIOLOGICAL CONTAMINATION, PROSPECTS OF NEW PROTECTIVE MEANS DEVELOPMENT	116
32. <i>Gudkov S. V., Miloserdov A. V.</i> RESPIRATORY PROTECTIVE MEANS FOR THE UNDERGROUND COAL MINES STAFF – THE CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS TAKING INTO ACCOUNT WORLD EXPERIENCE	118
33. <i>Gudkov S. V., Novikova M. V.</i> PROTECTIVE MEANS FOR THE INDUSTRIAL PERSONNEL, TENDENCIES AND DEVELOPMENT PROSPECTS	119
34. <i>Ivanov A. M., Tretyakov A. A., Onevsky M. P.</i> STRUCTURE OF THE FORECAST CONTROL SYSTEM ON THE PROCESS OF HUMAN’S BREATH IMITATION	120

Section 2

THEORETICAL BASES AND PRINCIPLES OF MAKING EXPERIMENTAL AND INDUSTRIAL PRODUCTION TECHNOLOGIES OF INDIVIDUAL AND COLLECTIVE PROTECTION MEANS AND SYSTEMS, MEANS OF INDICATION AND CHEMICAL INVESTIGATION

35. <i>Fomkin A. A., Tsvadze A. Yu., Smirnov I. A., Murdmaa K. O.</i> ACTIVE GAS BREATHING MIXTURES AND EXPRESS DIAGNOSTICS OF THE HUMAN BODY	126
36. <i>Kolosentsev S. D., Samonin V. V.</i> STATE OF ABSORBENT CARBON PRODUCTION IN RUSSIA	127

37. <i>Mukhin V. M., Solovyov S. N.</i> PERSPECTIVE ABSORBENT CARBONS AS A BASIS FOR CATALYSTS AND CHEMISORBENTS	127
38. <i>Mukhin V. M.</i> CONVERSION DIRECTIONS OF ABSORBENT CARBONS AND CHEMISORBENTS DEVELOPMENT	129
39. <i>Lagunova E. A., Bogdanovich N. I., Kuznetsova L. N., Tsaplina S. A.</i> RECEIPT OF CARBONIC ADSORBENTS FROM BLACK ALKALI LIQUOR WITH SODIUM SULPHATE	130
40. <i>Putin S. B., Gladyshev N. F., Gladysheva T. V., Ferapontov Yu. A.</i> PERSPECTIVE COMPOSITE MATERIALS FOR AIR REGENERATION AND AIR PURIFICATION SYSTEMS ON INHABITED OBJECTS OF AERONAUTICAL AND SPACE ENGINEERING	135
41. <i>Gladyshev N. F., Gladysheva T. V., Ferapontov Yu. A., Krasnyansky M. N., Tarov V. P., Galygin V. E.</i> RECEIPT OF NEW GENERATION REGENERATIVE PRODUCTS GENERATION ON POTASSIUM SUPEROXIDE BASIS	141
42. <i>Kozlov D. V., Besov A. S., Vorontsov A. V., Parmon V. N.</i> PHOTOCATALYTIC NEUTRALIZATION OF CHEMICAL AGENTS IN AIR	146
43. <i>Salyakhova M. A., Karasyova I. P., Uvayev V. V., Puhacheva E. N., Fatkhutdinov R. H.</i> FILTERING AND SORBING MATERIAL WITH THE INJECTED PHOTOCATALYST	147
44. <i>Kuznetsov M. V., Posohov N. N.</i> SYNTHESIS AND RESEARCH OF OXIDE MATERIALS PROPERTIES FOR SENSORS OF POTENTIALLY DANGEROUS GASES	149
45. <i>Anikiyenko K. A., Anoshin S. V., Bychikhin E. A., Konstantinova O. V., Novozhilova T. I., Holina A. V.</i> BUTYRYLCHOLIN ESTERASE OF HUMAN'S BLOOD PLASMA – THE PROPHY-LACTIC PERSPECTIVE FACILITY AGAINST POISONINGS WITH THE ACETYLCHOLINESTERASE ORGANOPHOSPHORUS INHIBITORS	150
46. <i>Kondratyev V. B., Anoshin S. V., Khrustalyov R. A., Belyaev E. L.</i> VISCOUS LUBRICANT SK-7-04 – PERSPECTIVE LUBRICANT MATERIAL IN SPACE AND HIGH AIR-FREE CONDITIONS	151
47. <i>Kopytov Yu. F.</i> HISTORY OF THE OXYGEN CANDLE	154

48. Zaytseva L. A., Yerokhin S. N., Simanenkov S. I., Putin S. B., Dvoretzkiy S. I. TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF HYDROPHOBIC ZEOLITES RECEIPT AND ASSESSMENT OF THEIR SORPTION CHARACTERISTICS	160
49. Suvorova J. A., Gladyshev N. F., Gladysheva T. V., Smulskaya M. A., Filatov Yu. N. DEVELOPMENT OF COMPOSITE LIME ABSORBERS WITH POLYMERIC BONDING AGENT AND RESEARCH OF THEIR PROPERTIES	162
50. Vikhlyaeva M. P., Gladyshev N. F., Gladysheva T. V., Suvorova J. A., Putin S. B., Dvoretzkiy S. I. CHEMICAL ACTIVITY RESEARCH OF PLATE LIME HEMOSORBENT AS A PART OF ABSORBING CARTRIDGES FOR RESPIRATORY PROTECTIVE MEANS TOWARDS CO ₂	164
51. Grokhovskaya J. A., Filippova L. Yu., Shoubina V. N., Kozlova N. P., Dvoretzkiy S. I. RESEARCH OF COPPER BENZOLTRIKARBOXILAT STRUCTURE AND METALL-ORGANIC SORPTION PROPERTIES (Cu ₃ (BTC) ₂)	169
52. Dvoretzkiy D. S., Tolstykh S. G., Akulinin E. I., Chernov G. A. INFLUENCE OF INDEFINITE PARAMETERS ON PROCESS OF AIR ENRICHMENT BY OXYGEN IN PORTABLE INSTALLATION OF SHORT-CYCLE ADSORPTION	171
53. Gaidai V. V., Fatkhutdinov R. Kh., Uvayev V. V., Bayramova V. R. NEW CHEMICAL PROTECTIVE MATERIAL OF FILTERING TYPE ON THE BASIS OF THE CARBON SORBENT	174
54. Burakov A. E., Romantsova I. V., Kucherova A. E., Tkachyov A. G. MAKING OF THE NEW TYPE OF ABSORBING MATERIALS FOR PURIFICATION OF AQUATIC ENVIRONMENT FROM HEAVY METALS	175
55. Pribylov A. A., Murdmaa K. O., Skibitskaya N. A., Zekel L. A. SORPTION OF METHANE, ETHANE, PROPANE, BUTANE, CARBON DIOXIDE AND NITROGEN ON ASPHALTEN AT TEMPERATURES OF 303, 323, 343 K	177
56. Rodayev V. V., Korenkov V. V., Abakarov A. R. THE ELECTROFORMED CERAMIC NANOSTRUCTURED FIBRES OF ZIRCONIUM DIOXIDE	178

57. Lomovtseva E. E., Ulyanova M. A., Putin S. B., Gatapova N. Ts., Ryashentseva I. A., Popova S. A. POLYMERIC COMPOSITE DEHUMIDIFIER OF AIR	180
58. Shiryayev S. M., Ulyanova M. A., Andreyev V. P., Tochilov V. A., Rylov Yu. B. THE GRANULATED REGENERATIVE PRODUCT COMPOSITION IMPROVEMENT	183
59. Arkhipova E. V., Ulyanova M. P., Kokoreva N. V. DEVELOP- MENT OF NEW CHEMISORBENTS OF AMMONIA	187
60. Stepanova A. S., Stepanov S. L. CHANGING THE PARADIGM OF TECHNOLOGIES VITAL CYCLE CONTROL	191
61. Kokoreva M. V., Savtsova I. O., Dmitriyevsky B. S. DESIGN OF COLLECTIVE PROTECTION AND LIFE SUPPORTING SYSTEMS AS INNOVATIVE PRODUCTION SYSTEM	195
DECISION <i>International Scientific-Practical Conference</i> <i>“Systems and Technologies of Life Support, Indication, Chemical Investigation and Human Protection Against Negative Factors of Chemical Nature”</i>	197

**ОБРАЩЕНИЕ К УЧАСТНИКАМ КОНФЕРЕНЦИИ
генерального директора ОАО «Корпорация «Росхимзащита»**

Путина Бориса Викторовича

Уважаемые коллеги, уважаемые участники и гости конференции!

Наш сегодняшний научный форум приурочен к празднованию сразу двух юбилейных дат, а юбиляром является хорошо известное не только на тамбовщине, но и далеко за её пределами предприятие: до 2003 года оно именовалось «Тамбовский научно-исследовательский химический институт», а с 2003 года по Указу Президента Российской Федерации было преобразовано в ОАО «Корпорация «Росхимзащита». Собственно, эта историческая веха и даёт начало отсчёта нового периода в жизни нашего предприятия, 10-летие которого мы в эти дни празднуем. Ну, а ТамбовНИИХИ сегодня уже 55 лет. Чем же был наполнен и знаменателен для коллектива предприятия этот более чем полувековой период его деятельности?

Развитие научно-технического прогресса, расширение сфер деятельности человека, геополитические факторы сопровождаются постоянным увеличением разнообразия и сложности условий, в которых люди живут и трудятся, и далеко не всегда эти условия благоприятны для них. Технический прогресс сопровождается внедрением человека во всё новые области биотехносферы, многие из которых не совместимы с его обычной жизнедеятельностью, поэтому требуют нормализации условий для пребывания и работы людей в таких опасных областях.

Проблемы защиты человека от негативного влияния биотехносферы необходимо решать там, где он должен по своей воле или в силу сложившихся обстоятельств перейти из обычной среды обитания в среду, не совместимую с возможностью сохранения здоровья и жизни, и только эффективная и адекватная опасность защита и жизнеобеспечение могут дать возможность людям покорять новые вершины на тернистом пути освоения космоса и мирового океана, внедрения новых сложных технологий и производственных процессов, работать глубоко под землёй и высоко над её поверхностью, уверенно противостоять негативным факторам техногенных аварий и катастроф, сохраняя при этом самое дорогое – свою жизнь.

Подобные проблемы касаются огромного числа жителей планеты Земля, и их достойное решение – приоритетная задача учёных и инженеров, высококвалифицированных рабочих и технического персонала, которые посвящают свою жизнь делу защиты человека в условиях техногенной опасности и природных катаклизмов.

Насколько эффективно государство может решать эти проблемы, насколько оно в состоянии собрать для этого воедино необходимые интеллект и ресурсы, насколько оно способно адекватно реагировать на современные угрозы для своих граждан и обеспечивать им требуемую защиту от таких угроз, настолько государство способно сохранять и приумножать своё главное богатство – человеческий потенциал.

В России флагманом в решении проблем химической безопасности и жизнеобеспечения людей в широком диапазоне условий их жизнедеятельности является ОАО «Корпорация «Росхимзащита» – уникальная интегриро-

ванная структура, созданная на основе предприятий химического комплекса по разработке и производству средств химической защиты и разведки и систем жизнеобеспечения.

Ещё в прошлом веке начали развивать технологии, необходимые для создания систем защиты человека от поражающих факторов химической природы. Создание научно-исследовательской и промышленной базы в СССР заложило мощную основу, которая до настоящего времени, но уже на совершенно ином уровне обеспечивает решение широкого круга обозначенных задач.

История возникновения ОАО «Корпорация «Росхимзащита» ретроспективно уходит к 1930-м годам, когда были созданы первые из предприятий сегодняшней интегрированной структуры. На базе одного из них – Электростальского научно-исследовательского технологического института – было создано предприятие, 55-летний юбилей которого отмечается в текущем году: Тамбовский научно-исследовательский химический институт, головное предприятие ОАО «Корпорация «Росхимзащита». Это предприятие за годы своей плодотворной деятельности доказало, что способно не только вырасти из узких рамок филиала Электростальского НИИ и стать самостоятельным научным центром в области создания технологий химической регенерации и очистки воздуха и широкого спектра специальных технических средств на их основе, но и объединить под своим началом передовые НИИ, КБ и заводы, специализирующиеся в области разработки и производства средств химической защиты и разведки и систем жизнеобеспечения.

Всё это – достойный результат ежедневного целенаправленного и упорного труда уникального по своему составу творческого коллектива руководителей, учёных, инженеров, конструкторов, рабочих, экономистов и работников других специальностей, результат многолетней приверженности выбранному 55 лет назад научно-производственному направлению, основная цель которого – сохранение здоровья и жизни людей – цвета российской нации.

Наш научный форум должен аккумулировать и предоставить вниманию заинтересованных слушателей (а иных, я надеюсь, в этой аудитории нет) наиболее значимые результаты научного и практического развития уникальной в своем роде области знаний – области защиты и жизнеобеспечения человека, а также дать оценку перспектив дальнейшего её развития.

Мы благодарны всем, кто откликнулся на предложение принять участие в конференции, и прежде всего нашим гостям, приехавшим в Тамбов из многих городов России.

Мы благодарны нашим коллегам из Тамбовского государственного технического университета, которые любезно согласились предоставить свои ресурсы для организации и проведения конференции.

Ну и в завершение своего выступления позвольте пожелать всем участникам конференции успешной её работы, консолидированного принятия решения конференции, отражающего ваши идеи, мысли, пожелания по дальнейшим шагам в нашем общем и благородном деле.

С уважением,



(Б. В. Путин)

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 614.7./8:661.183.6

А. А. Фомкин, А. Ю. Цивадзе

*ФГБУН Институт физической химии и электрохимии
им. А. Н. Фрумкина РАН, г. Москва*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ ГАЗОВЫХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ И ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Изменение компонентного состава воздуха в случае пребывания человека в условиях измененной среды обитания (подводные работы, долговременные космические исследования), чрезвычайных ситуаций (пожары, технологические аварии, боевые действия), возникновении заболеваний может повлиять на его здоровье и физическое состояние.

Воздух, которым дышит человек, состоит в основном из N_2 (78,1%) и O_2 (20,9%). Кроме основных компонентов, в воздухе содержится около 0,93% Ar, 0,03% CO_2 и в значительно меньших количествах другие газы. Физиологическое влияние каждого из компонентов существенно зависит от его количества в смеси.

1. ПОЛУЧЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КИСЛОРОД-АРГОНОВЫХ ГАЗОВЫХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ПУТЁМ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА НА МОЛЕКУЛЯРНО-СИТОВЫХ АДСОРБЕНТАХ

Ппульмонологические больные часто испытывают недостаток в насыщении крови кислородом. Поэтому в клинических условиях для поддержания их здоровья используют кислород от стационарной сети. В европейских странах и США, кроме того, используют систему газификации носимого запаса жидкого кислорода или используют кислород, хранящийся под давлением в баллончиках. Увеличение насыщаемости крови кислородом может быть достигнуто не только за счёт увеличения концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе, но и за счёт изменения физико-химических свойств вдыхаемых газов. Представленная работа направлена на решение проблем именно в этом направлении.

Для лечения лёгочных больных в большинстве случаев применяют кислород, получаемый криогенным методом и доставляемый в баллонах высокого давления или в жидком виде. Применение этой технологии обладает рядом недостатков:

- необходимость иметь высокотехнологичные установки и персонал для наработки кислорода;
- необходимость использования специальной техники для транспортировки баллонов высокого давления и сосудов с жидким кислородом;
- необходимость монтажа внутрибольничной трубопроводной системы для разводки кислорода и высококвалифицированного персонала для обслуживания и поддержания её в работоспособном состоянии;
- отсутствие внутрибольничной мобильности снабжения больных кислородом.

Альтернативой этой технологии является адсорбционная технология получения кислорода из воздуха непосредственно на месте потребления больным. В настоящее время всё большее распространение приобретают адсорбционные кислородные генераторы, позволяющие получать кислород из воздуха методом короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА) с использованием ионных молекулярных сит – цеолитов.

Адсорбционное разделение воздуха основано на преимущественной адсорбции азота за счёт высокой энергии ион – квадрупольного взаимодействия молекул азота с катионами, находящимися на поверхности микропор цеолита с диаметром около 1,2 нм. На рисунке 1 представлена модель решётки цеолита NaX и позиции катионов SI, SII, SIII, доступные для адсорбционного взаимодействия.

Молекулы кислорода имеют значительно меньший квадрупольный момент и поэтому их адсорбция невелика. Время проведения адсорбционного процесса подобрано таким образом, чтобы за слоем адсорбента появлялся высококонцентрированный кислород, а азот сорбировался в цеолите.

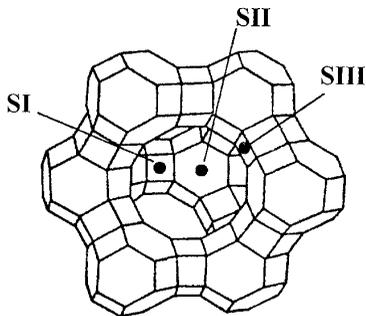


Рис. 1. Модель решётки цеолита типа X:
SI, SII, SIII – позиции катионов Na^+

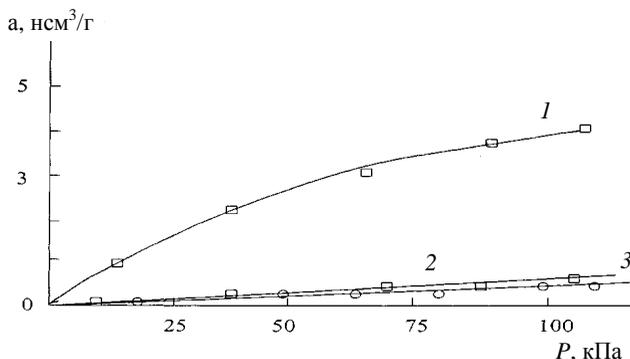


Рис. 2. Изотермы адсорбции азота (1), кислорода (2) и аргона (3) на цеолите СаА при температуре 293 К

Из рисунка 2 следует, что адсорбция азота значительно выше, чем адсорбция кислорода. Непрерывность процесса разделения достигается за счёт попеременной работы адсорберов с адсорбентом, работающих по заданной программе. Чистота получаемого кислорода в такой схеме адсорбционного разделения обычно не превосходит 95%. В получаемом продукте содержится около 4% аргона и малые примеси других газов (N_2 , CO_2).

Совместно с ГНЦ РФ ИМБП РАН (И. А. Смирнов) под руководством академика А. И. Григорьева разработан новый процесс и созданы установки для получения кислорода из воздуха методом КБА, с составом: 95% O_2 , 4% Ar , остальное – N_2 . Эксперименты, проведённые на эмбрионах японского перепела в среде адсорбционного кислорода, показали, что они развиваются быстрее и патологических отклонений меньше, чем при использовании кислорода, получаемого криогенным способом.

В развитие этого направления работ разработана двухстадийная установка разделения воздуха, в которой количество аргона было увеличено до 10%, остальное – кислород. Увеличение количества аргона в кислороде достигали за счёт адсорбционного разделения газа, получаемого после первой ступени, с использованием разницы коэффициентов диффузии молекул кислорода и аргона в микропористых углеродных адсорбентах.

Образование микропор в карбонизованных материалах при активации в парах воды 1120...1170 К, происходит вследствие селективного выгорания плоскостей углерода в гексагональной координации, входящего в состав графитоподобных нанокристаллитов исходного карбонизата (рис. 3). Синтезированы новые микропористые адсорбенты с размерами пор около 0,34 нм, в которых эффективные коэффициенты диффузии O_2 и Ar различаются в десятки раз.

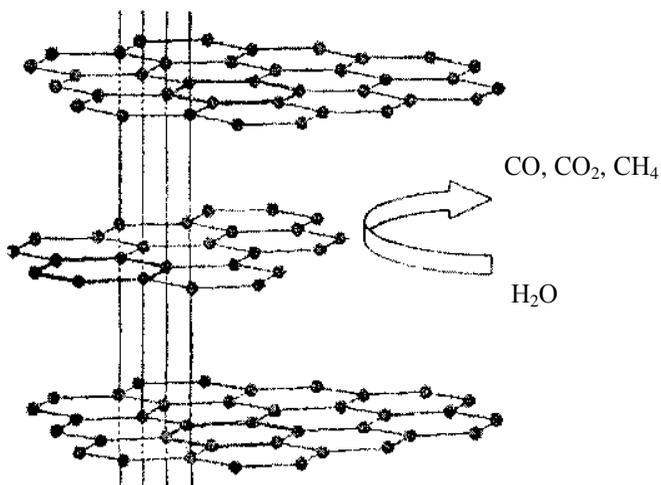


Рис. 3. Образование микропор в кристаллитах углеродного адсорбента в процессе селективного выгорания плоскостей гексагонального углерода при активации в парах H_2O при 1120...1170 К

Адсорбционная установка двухстадийного разделения воздуха представлена на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид установки для двухстадийного разделения воздуха (в центре монтажной стойки – адсорбционный генератор газовой смеси 90% O_2 + 10% Ar)

Характеристики установки:

Производительность по продуктовому газу – не менее 10 л/мин при концентрации кислорода – не менее 90%.

Концентрация аргона – не менее 10%.

Давление кислорода на выходе блока – не менее 2,5 кг/см².

Испытания кислород-аргоновой газовой смеси (90% O₂ + 10% Ar) для дыхания больных показали, что насыщение крови кислородом возрастает по сравнению с применением баллонного и криогенного кислорода, самочувствие больных улучшается.

С точки зрения физической химии адсорбционных явлений возможной причиной увеличения насыщаемости адсорбционным кислородом крови лёгочных больных может быть адсорбция аргона на поверхности лёгочных мембран, сопровождающаяся их расширением и увеличением диффузии кислорода. Работы в этом направлении продолжаются.

2. РАЗРАБОТКА АДСОРБЦИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ КИСЛОРОДА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЛЁГОЧНЫХ БОЛЬНЫХ С СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Существующие кислородные газовые сети в больницах и госпиталях предназначены для подачи кислорода больным после газификации жидкого кислорода или редуцирования баллонного кислорода. Эти сети не обладают необходимой гибкостью применения и не позволяют обеспечить необходимую мобильность. Носимые кислородные баллончики с компримированным кислородом и ёмкости с жидким кислородом, используемые в европейских странах и в США, являются объектами повышенной пожаро- и взрывоопасности.

Перед нами была поставлена цель разработки адсорбционных аккумуляторов кислорода и кислород-аргоновых газовых смесей, предназначенных для поддержания дыхательной функции пульмонологических больных, в том числе страдающих социально значимыми заболеваниями (например, астма).

Кислород находится в нанодиспергированном состоянии высокой концентрации, создаваемом микропористым адсорбентом. Количество запасаемого адсорбционного кислорода в единице объёма превосходит в 10-ки раз содержание компримированного кислорода. Адсорбционный кислородный аккумулятор обладает повышенной пожарной- и взрывоустойчивостью, поскольку 90% кислорода находится в порах адсорбента.

Совместно с ГНЦ РФ ИМБП РАН разработаны варианты мобильного и портативного адсорбционных аккумуляторов кислорода, в котором кислород находится в нанодиспергированном состоянии при давлениях 5 атм. изотермы аккумулялирования кислорода в баллонах с цеолитами и активным углем, а также в баллонах без адсорбента

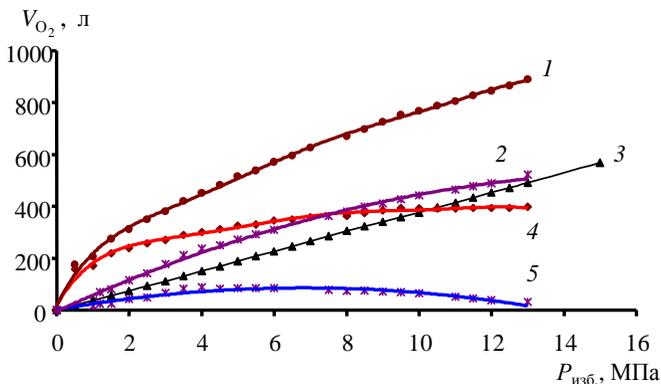


Рис. 5. Адсорбционная ёмкость аккумуляторов кислорода. Количество запасённого O_2 в зависимости от давления при 293 К на адсорбентах:

1 – микропористый углеродный адсорбент СКТ-3; 2 – цеолит NaX-ШМ; 3 – баллон без адсорбента; 4 – цеолит CaEТ-4ВШМ; 5 – цеолит CaX-ШМ

объёмом 4 л представлены на рис. 5, из которого следует, что наилучшие результаты достигаются с использованием микропористого углеродного адсорбента СКТ-3.

Перезарядка аккумулятора осуществляется от установки короткоцикловой безнагревной адсорбции разделения воздуха на молекулярных ситах, входящей в комплекс. Один из вариантов мобильного адсорбционного аккумулятора кислорода представлен на рис. 6.



Рис. 6. Внешний вид мобильного аккумулятора кислорода

Разработанный адсорбционный аккумулятор кислорода в переносном и передвижном вариантах имеет вес около 10 кг и способен запасти около 300 л (нлд) кислорода. Аккумулятор может быть доставлен персоналом к месту нахождения больного и обеспечить кислородное питание в течение 1-2 часов.

3. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕЦИКЛИНГА КСЕНОНА В АНАСТЕЗИИ

Существующие анестезиологические препараты в медицине обладают рядом отрицательных свойств, проявляющихся преимущественно в деятельности высшей нервной системы, системы дыхания и других системах человека. Ксенон является «мягким» анестетиком, применение которого особенно необходимо в случае наличия у человека заболеваний или экстремальных состояний (беременность, сильный шок, наркотическое состояние др.), которые не позволяют использовать традиционные анестетики. В 1999 году Минздравом издан приказ о разрешении применения нового анестезиологического вещества ксенона в медицинской практике в качестве средства для наркоза. Ксенон, инертный газ, является одним из самых сильных анестетиков, практически не оказывает побочных отрицательных действий на организм больных людей и может быть также использован при лечении детей. Основная проблема состоит в том, что ксенон дефицитен и относительно дорог. Его содержание в воздухе составляет $0,86 \cdot 10^{-5} \%$. Обычно, его получают как попутный продукт при низкотемпературном оживлении кислорода из воздуха. Большие производства кислорода сосредоточены в странах, являющимися крупными производителями стали, поскольку при этом применяется кислородное дутьё. Среди этих стран Россия занимает одно и из ведущих мест по производству кислорода и ксенона. Стоимость литра чистого ксенона составляет примерно 500 р. При эндотрахеальном методе ксеноновой анестезии расход ксенона составляет около 14 л/ч и часовая стоимость такой анестезии составляет 7000 р. Основным недостатком обычной низкопоточной анестезии является потеря ксенона в атмосферу. Широкое применение ксеноновой анестезии очевидно возможно, если использовать селективное адсорбционное улавливание ксенона из выдыхаемого воздуха, его очистку и возврат в анестезиологический цикл.

Работы по созданию систем улавливания и возврата ксенона ведутся в США, Англии, Франции; приняты программы поисковых работ в Германии и Японии.

Адсорбционная система улавливания ксенона предназначена для селективного извлечения ксенона из выдыхаемой больным смеси и хранения его до переработки.



Рис. 7. Ксеноновая наркозная приставка к стандартному комплекту наркозного оборудования
(вертикально стоящий цилиндр – адсорбер для улавливания ксенона)

Совместно с ООО «Акела-Н» проведены исследования адсорбции ксенона, азота и кислорода на ряде микропористых адсорбентов, выбраны адсорбенты с оптимальной пористой структурой и химическим состоянием поверхности.

Разработан макетный вариант адсорбционной системы улавливания ксенона (рис. 7) и проведены его испытания непосредственно в комплекте стандартного анестезиологического оборудования.

Работы продолжаются в направлении создания револьверной схемы взаимозаменяемых адсорберов ксенона.

4. РАЗРАБОТКА АДСОРБЦИОННЫХ СЕНСОРОВ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Компонентный газовый состав выдыхаемого человеком воздуха содержит продукты обмена и метаболизма, возникающие в процессе его жизнедеятельности. Изменение их состава может свидетельствовать о нарушении нормального течения этих процессов и возможном заболевании. Ранняя диагностика такого социально значимого заболевания как диабет позволит предупредить возникновение заболевания или контролировать состояние организма человека по присутствию сопутствующего ацетона в выдыхаемом воздухе.

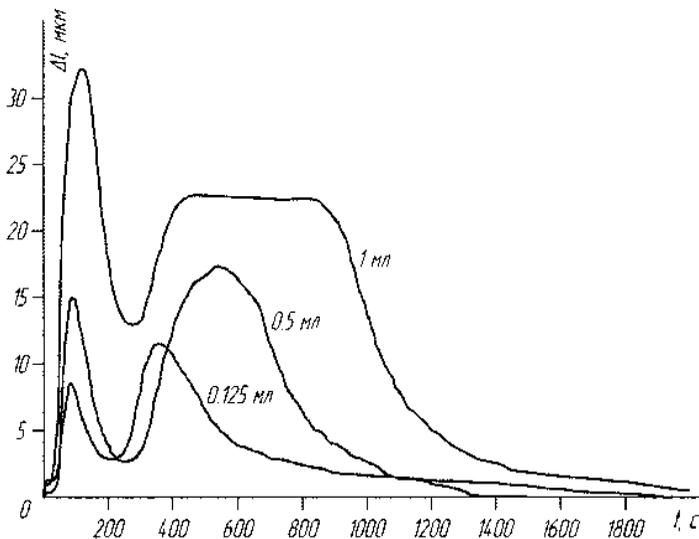


Рис. 8. Волны адсорбционной деформации нанопористого углеродного адсорбента при адсорбции модельной смеси паров ацетона (левый максимум) и н-гептана (правый максимум) из потока воздуха при 570 К

Адсорбционные сенсоры предназначены для экспресс-диагностики и мониторинга состояния организма человека, особенно при хронических и социально значимых заболеваниях.

Реализация. Проведены исследования основных закономерностей селективной сорбции компонентов выдыхаемого воздуха в нанопористых гидрофобных адсорбентах. Определены эффекты волновой сорбострикции, отвечающие сорбции ацетона, находящегося в составе выдыхаемого воздуха при диабете (рис. 8).

Обработывается методика идентификации ацетона в воздухе.

5. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СИНТЕЗА БИОСОВМЕСТИМЫХ НАНОПОРИСТЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦИИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Существующие адсорбенты для детоксикации организма человека могут связывать и выводить из желудочно-кишечного тракта с лечебной или профилактической целью эндогенные и экзогенные вещества, надмолекулярные структуры и клетки. Как правило, они обладают высокой пористостью (до $1000 \text{ м}^2/\text{г}$), малой прочностью и широким

распределением пор по размерам. Вследствие этого наряду с токсинами такие адсорбенты сорбируют значительную часть микрофлоры кишечного тракта, что приводит к негативным последствиям, проявляющихся в нарушении обменных процессов, процессов усвоения продуктов пищеварения. К тому же острые сколы частиц угля приводят к повреждениям слизистой оболочки кишечника.

Синтезированы сферические адсорбенты с узким распределением пор по размерам (диаметр пор 0,86...3 нм) для селективной сорбции токсинов в пищеварительном тракте человека. Благодаря высокой прочности и сферичности поверхности отсутствуют повреждения слизистой оболочки кишечника и процесс детоксикации организма вписывается в естественный биологический цикл и происходит более глубоко. Работоспособность восстанавливается быстро.

Проведены исследования полей параметров синтеза нанопористых углеродных адсорбентов на основе полимера – сверхсшитого фурфурола с привитыми азотсодержащими группами и синтезированы новые нанопористые адсорбенты повышенной селективности. Прививку азотсодержащих групп осуществляли путём обработки карбонизата в азотной кислоте при повышенных температурах. Фрагмент графитоподобной поверхности с привитыми азотсодержащими группами представлен на рис. 9.

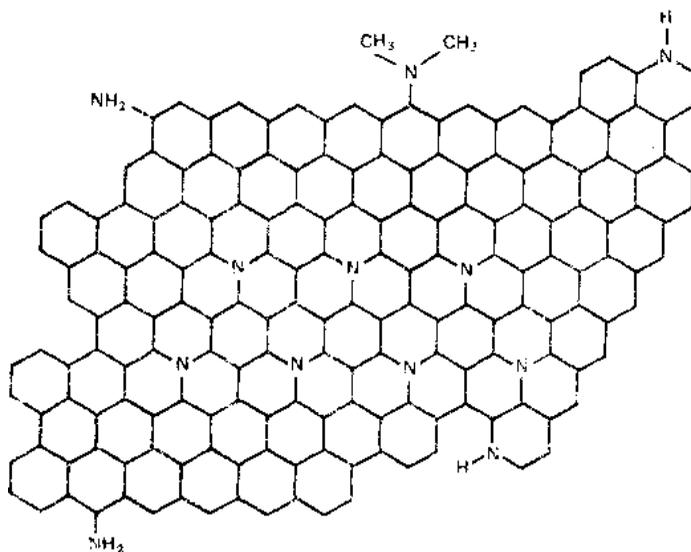
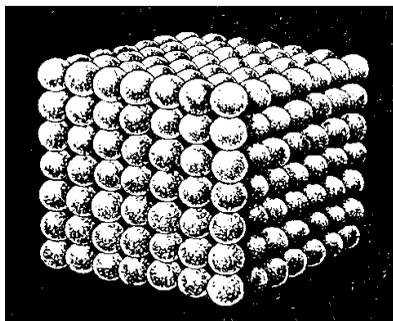
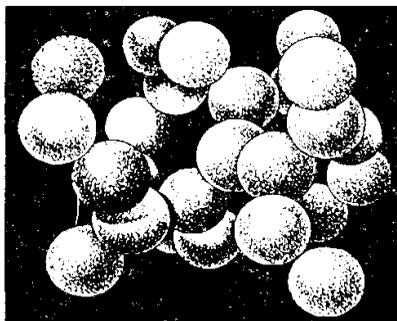


Рис. 9. Схема строения поверхности структурного элемента азотсодержащего активированного угля



a)



б)

Рис. 10. Сферический углеродный энтеросорбент:
a – формованное изделие; *б* – отдельные гранулы

Медицинские формы углеродных сорбентов могут быть выполнены или в виде порошка из отдельных сферических гранул или в виде формованных изделий (рис. 10).

Такие адсорбенты могут быть использованы также в качестве нанконтейнеров лекарственных препаратов, вводимых перорально в желудочно-кишечный тракт.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны физико-химические основы генерирования кислород-аргоновых физиологически активных дыхательных газовых смесей (90% O₂ + 10% Ar) для поддержания состояния и лечения лёгочных больных. Созданы макетные образцы установок и проведены исследования влияния изменения состава газовой среды на модельные биологические системы.

2. Разработаны новые микропористые адсорбенты для аккумулярования кислорода. Созданы переносные и подвижные макетные образцы аккумулятора кислорода, позволяющего увеличить в десятки раз количество кислорода, запасаемого в единице объёма системы хранения.

3. Разработаны физико-химические основы адсорбционного концентрирования ксенона из выдыхаемого воздуха для систем рецилинга ксенона при анестезии с применением гидрофобных микропористых адсорбентов. Создан макетный вариант системы и проведены испытания в комплекте стандартного анестезиологического оборудования.

4. Проведены исследования физико-химических закономерностей сорбции компонентов выдыхаемого воздуха в нанопористых гидрофобных адсорбентах. Определены эффекты волновой сорбострик-

ции, отвечающие сорбции ацетона, находящегося в составе выдыхаемого воздуха при диабете.

5. Проведены исследования физико-химических закономерностей синтеза нанопористых углеродных адсорбентов на основе полимера с узким распределением пор по размерам (диаметр пор 0,86...3 нм) для селективной сорбции токсинов в пищеварительном тракте человека. Адсорбенты обладают повышенной селективностью и прочностью.

УДК 623.459.6/65

В. Д. Самарин, В. Г. Матвейкин, С. Б. Путин

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНОЙ БОЕВОЙ ЭКИПИРОВКИ ВОЕННОСЛУЖАЩЕГО

Создание современной индивидуальной боевой экипировки военнослужащего требует комплексного подхода и является сложной научно-технической и организационной задачей ввиду её объёмности и многофакторного характера. Для её решения требуется проведение целенаправленных оперативно-тактических, технико-экономических, медико-биологических и технологических исследований, серьёзных конструкторских изысканий и практических работ по реализации [1].

Совершенствование экипировки традиционно преследует цель обеспечить максимальную индивидуальную защищённость военнослужащих от воздействия разных видов оружия (от стрелкового до химического и биологического) и повысить выживаемость как отдельных военнослужащих, так и небольших войсковых подразделений.

Боевая экипировка военнослужащего (БЭВ) – это система взаимосвязанных, взаимозависимых и взаимодополняющих друг друга комплексов средств, систем и их элементов, носимых и размещаемых на военнослужащем, которые объединяются целевым назначением в единую интеллектуальную сетевую структуру [2].

Экипировка военнослужащих должна соответствовать современным требованиям тактики, основанной на новых подходах к выполнению боевых и специальных задач. Создание современного снаряжения военнослужащих и обеспечение дистанционного контроля за их функциональным состоянием и боеготовностью в настоящее время базируется на теоретических основах фундаментальной науки и достижениях

в области перспективных направлений исследований, в том числе в области нанотехнологий.

Вследствие усложнения характера боевых действий, роста их темпа, размаха и напряжённости повышаются требования к контролю за жизнедеятельностью и боеспособностью военнослужащих в современных условиях выполнения боевых задач.

В различных странах мира ведутся активные работы по совершенствованию боевой экипировки военнослужащих. Целью их является создание надёжных средств индивидуальной защиты солдата на поле боя (от пуль, осколков, открытого пламени, лазерного излучения, поражающих факторов оружия массового уничтожения), удобного снаряжения и соответствующего вооружения, способных обеспечить достаточную комфортность и снизить физиологическую нагрузку. Главную роль в определении направлений развития в этой области за рубежом принадлежит США, Великобритании и Германии. На основе предложений этих стран в НАТО согласованы общие требования к боевой экипировке военнослужащего, в рамках которых разрабатываются конкретные образцы полевого обмундирования, средств индивидуальной защиты и вооружения с учётом национальных особенностей, научно-технических, технологических и производственных возможностей каждого государства.

До конца 1980-х – начала 1990-х годов при создании комплексной индивидуальной защиты военнослужащего применялся в основном модульный принцип, в соответствии с которым создавались самостоятельные функциональные модули – средства защиты органов дыхания, глаз, слуха и кожи. Однако практика показала, что средства защиты, разрабатываемые по самостоятельным заданиям, весьма сложно объединить в единый комплект, обеспечивающий защиту человека в целом, из-за трудного сочетания их между собой. Такое положение дел снижает потенциальную эффективность комплекта средств защиты или вообще делает невозможным использование его из-за неудобства при эксплуатации, что вызывает у пользователей стойкое нежелание применять «набор» средств защиты при выполнении поставленных задач.

За рубежом (США, Канада, страны Евросоюза) с конца 1980-х годов в рамках соответствующих программ проводится разработка принципиально новой экипировки военнослужащего XXI века: в США – программ RESPO (next generation of respiratory protection), SIPE (Soldier Integrated Protective Ensemble), STAR-21, LW (Land Warrior), OFW (Objective Force Warrior), FFW (Future Force Warrior) и других; в Канаде – SMP (Soldier Modernisation Programme); во Франции – FELIN (Fantassin à Equipement et Liaison Intégrées); в Великобритании –

FIST (Future Integrated Soldier Technology); в Германии – IdZ (Infanterist der Zukunft); в Италии – SF (Soldato Futuro). Аналогичные программы реализуются в Австрии, Бельгии, Швеции, ЮАР и в ряде других стран.

Необходимость обеспечения эффективной *защиты человека в целом*, естественно, потребовала разработки общей концепции комплексной защиты военнослужащего в боевых условиях и в аварийных ситуациях. В основу концепции положены принципы комплексного и системного подхода к данной проблеме.

Под *комплексностью защиты* понимается одновременная защита всех жизненно важных органов человека, прежде всего, глаз, органов дыхания, лица, рук, ног, кожных покровов, от непосредственного воздействия совокупности вероятных поражающих факторов различной природы (механической, термической, огня, высокоэнергетического светового импульса, электромагнитного излучения, а также поражающих факторов радиационной, химической и биологической (РХБ) природы). Необходимость комплексной защиты диктуется рядом условий. Так, в условиях воздействия РХБ поражающих факторов применение средств защиты отдельных физиологических систем человека не исключает поражения других систем или органов, а иногда даже является более пагубным вариантом защиты в сравнении с полным отсутствием средств защиты, так как создаёт обманчивое иллюзорное представление о якобы принятых мерах по защите, тогда как фактически пользователь будет неотвратимо подвергаться воздействию поражающих факторов. Разработка «силового костюма», наделённого возможностью защиты военнослужащего от РХБ поражающих факторов, становится одним из основных направлений работ по созданию боевой экипировки для военнослужащего XXI века.

Комплексный подход к защите военнослужащего подразумевает разработку единого комплекса защитных средств различной направленности в составе *комплекта боевой индивидуальной экипировки (КБИЭ)*, который обеспечивает защиту при выполнении боевых задач, решаемых как в военное, так и в мирное время.

В основу российского концептуального подхода к созданию боевой экипировки военнослужащего положена идея создания условий для более полного использования физиологических и интеллектуальных возможностей человека, а также повышения его выживаемости в современном бою.

Целью такого концептуального подхода является создание *защитной одежды* как *элемента КБИЭ*, а также других подсистем, которые в совокупности позволят снизить эффекты поражающего воз-

действия баллистических, термических, химических, биологических и других негативных факторов при максимально возможном поддержании работоспособности и боеспособности военнослужащих. При этом акцент делается на разработку новых технологий и методологий. Результаты этой работы нашли применение уже сегодня и реализуются в России в различных НИР и ОКР («Бармица», «Ратник» и др.) по созданию современного базового КБИЭ, проводимых с участием ФГУП «ЦНИИТочмаш», ФКУ НПО «Спецтехника и связь», НПО Специальных материалов и других организаций.

Подсистема *РХБ защиты* в составе системы защиты должна обеспечивать эффективное противодействие поражающим факторам соответствующей природы на поле боя или в иных условиях ведения боевых действий военнослужащими.

Для выполнения требований по защите органов дыхания необходимо рассматривать противогаз/респиратор как компонент будущего шлема. Другими компонентами шлема будущего являются индивидуальные средства, рассматриваемые в отдельности, например: акустическая защита, приборы ночного видения, баллистическая защита, голосовые модули, лазерная защита глаз и т.д. Данные индивидуальные компоненты разрабатываются по отдельности и не могут быть объединены в цельные узлы без дополнительной доработки конструкции шлема. Например, приборы ночного видения не совместимы с противогазами/респираторами, поскольку в конструкции последних не предусмотрено такого требования. Необходимо ясное представление о технических требованиях к экипировке в целом, которое позволит объединять различные компоненты.

Ведущая роль в создании *подсистемы средств РХБ защиты* в составе КБИЭ военнослужащих армий зарубежных стран принадлежит, прежде всего, специализированным военным научно-исследовательским и испытательным центрам, включая:

- Натикский исследовательский центр ВССША (Natick Soldier Research, Development and Engineering Center, Natick);
- Эджвудский исследовательский центр ВССША (U.S. Army Edgewood Chemical Biological Center (ECBC), Edgewood);
- Медицинский исследовательский институт проблем химической безопасности ВССША (U.S. Army Medical Research Institute of Chemical Defense, Aberdeen Proving Ground);
- Оборонный исследовательский центр РХБ защиты ВС Великобритании (Defense CBRN Centre, Porton Down);
- Институт защитных технологий ВС Германии (German Armed Forces Institute for Protection Technologies, Münster);

– Оборонный центр исследований и разработок армии Канады (Defense Research and Development Canada (DRDC), Ottawa, Ontario) и др.

Проводимые в указанных центрах исследования и разработки разнообразных по своему назначению, конструкционным и иным характеристикам средства РХБ защиты военного назначения имеют в качестве определяющего ориентира физиологические особенности человека. В конечном итоге защите подлежит человек в целом, при этом самостоятельного подхода к решению проблемы защиты требует каждая из его физиологических систем.

Роль и место подсистемы РХБ защиты в составе КБИЭ военнослужащего определяется следующими факторами:

– реальным существованием *угрозы* воздействия на военнослужащего поражающих факторов *радиационной, химической и биологической* природы в условиях современного боя (прежде всего локальных вооружённых конфликтов), террористических действий с применением элементов РХБ оружия, а также в условиях чрезвычайных ситуаций на радиационно, химически и биологически опасных объектах, в результате которых создаётся непригодная для нормальной жизнедеятельности, в крайне опасных случаях – несовместимая с жизнью человека, среда обитания, эффективное противодействие которой требует применения средств РХБ защиты как интегрированной в КБИЭ самостоятельной подсистемы, решающей ряд специфических задач;

– необходимостью создания *универсальной защитной экипировки* военнослужащего, *инвариантной к природе потенциальных факторов поражения, внешним условиям их проявления и способной противостоять этим факторам* в любых качественно-количественных сочетаниях в течение заданного времени при одновременном обеспечении нормального функционирования всех других подсистем КБИЭ при выполнении военнослужащими боевых задач военного и мирного времени;

– *целевой направленностью подсистемы РХБ защиты на обеспечение жизнедеятельности наиболее уязвимых к негативным воздействиям физиологических систем организма* человека, включая органы дыхания, зрения, осязания, без нормального функционирования которых военнослужащий не просто не сможет качественно выполнять поставленные боевые задачи – он вообще будет выведен из состояния боеспособности (дееспособности), причём при поражении органов дыхания боевыми отравляющими веществами – в течение считанных секунд, а само такое поражение может привести к его гибели;

– необходимостью создания *«инертной» подсистемы КБИЭ*, постоянно находящейся в режиме «ожидания» радиационной, химической

или биологической опасности со стороны среды обитания военнослужащего и беспроблемно и адекватно, практически без участия или с минимальным его участием, парирующей поражающее действие обозначенных факторов в течение требуемого времени в случае их проявления;

– необходимостью создания *специфической подсистемы КБИЭ*, максимально полно *сочетающейся с другими подсистемами боевой экипировки*, не снижая эффективности их функционирования по назначению;

– необходимостью создания *самодостаточной подсистемы КБИЭ*, решающей в комплексе задачи мониторинга внешней среды, активизации подсистемы РХБ защиты при выявлении отклонения контролируемых параметров внешней среды от норматива, технологической нейтрализации поражающих факторов и дезактивации подсистемы РХБ защиты при нормализации среды обитания военнослужащего.

Научная и практическая новизна осуществляемых в России работ по созданию подсистемы РХБ защиты в составе КБИЭ заключается в том, что:

– впервые проводится многокритериальный общий анализ состояния и перспектив развития индивидуального снаряжения, включающего, наряду с другими функциональными подсистемами, *подсистему средств РХБ разведки, защиты и специальной обработки*. В проводимых ранее в этом направлении работах рассматривались лишь отдельные вопросы этой проблемы и не вскрывались наличие, характер, общие тенденции и взаимосвязь различных аспектов разработки элементов базового комплекта боевой индивидуальной экипировки;

– выявляются причины недостаточно полной оценки роли и значения индивидуальных средств РХБ разведки, защиты и специальной обработки в повышении общего уровня защищённости и боеспособности военнослужащих основных воинских специальностей;

– вскрываются тенденции в совершенствовании боевой экипировки, основанные на описании возможных сценариев ведения боевых действий и распределения критериев эффективности её использования.

Практическая ценность исследований обуславливается возможностью изучения не только отдельных вопросов и направлений создания индивидуальных средств РХБ разведки, защиты и специальной обработки, но и возможностью проведения исследований по всей проблеме *в целом* с оценкой их практической реализации в конкретных вариантах экипировки.

Приоритет в вопросах РХБ защиты имеют наиболее уязвимые и жизненно важные физиологические системы организма: органы дыха-

ния и зрения, системы обеспечения умственной, физической деятельности, кровообращения, кожа. В соответствии с этими приоритетами реализуется сложившаяся на протяжении десятилетий градация средств РХБ защиты, которые традиционно включают средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), зрения и слуха, головы, кожных покровов (СИЗК), а также конечностей.

В зависимости от конструктивного решения СИЗОД (полумаска, маска, шлем-маска, капюшон) последние могут одновременно обеспечивать физическую (не медикаментозную) защиту дополнительно органов зрения и слуха, кожи лица и шеи. Защита кожи обеспечивается за счёт её экранирования от воздействия поражающих факторов с помощью защитных костюмов, комбинезонов, скафандров, при этом опять же в зависимости от конструктивного решения СИЗК последние могут одновременно обеспечивать физическую защиту ног и рук, исключая необходимость использования специальной защитной обуви и перчаток.

Вместе с тем, в различных условиях эксплуатации и при выполнении военнослужащими различных функций возникает потребность в «подгонке» отдельных средств РХБ защиты под решаемые задачи. Например, для снайперов необходима такая защита глаз, которая не нарушает остроту зрения и широту обзора. Работа с электронными приборами, компьютерной техникой требует высокого уровня осознания, обеспечиваемого защитными перчатками, и т.п.

Когда же речь заходит об интегрировании средств РХБ защиты в комплект боевой экипировки военнослужащего, задачи их проектирования многократно усложняются из-за множественного «наслоения» выполняемых комплектом функций, обеспечиваемых различными подсистемами экипировки и их элементами. Наиболее сложным в конструктивном исполнении является *защитный шлем* как носитель большого разнообразия элементов различных подсистем боевой экипировки, включая элементы подсистемы РХБ защиты. Ситуация усложняется в ещё большей степени, если принимать во внимание «пассивный» характер подсистемы РХБ защиты, постоянно находящейся в режиме «ожидания», вплоть до момента возникновения соответствующей угрозы. Тем не менее, элементы подсистемы РХБ защиты (СИЗОД) должны быть интегрированы в защитный шлем с возможностью максимально быстрого их перевода из режима ожидания в боевое состояние при возникновении РХБ опасности.

Интегрирование в комплект боевой экипировки военнослужащего СИЗК возможно по пути кардинального изменения функциональных возможностей повседневной одежды с приданием ей целого ряда новых свойств, обеспечиваемых, прежде всего, используемыми для изго-

товления одежды защитными материалами. Перспективные материалы для защитной экипировки должны решать следующие задачи и выполнять следующие функции:

- обеспечивать защиту от поражающих факторов радиационной, химической, биологической, радионуклидной, термической и тепловой природы;
- обеспечивать собственную деконтаминацию до безопасных уровней;
- обеспечивать накопление (генерирование) электрической энергии от внешних естественных (солнечный свет) и искусственных источников;
- обеспечивать «кожное» дыхание;
- максимально исключать тепловой стресс;
- обеспечивать в максимально возможных пределах баллистическую защиту тела;
- обеспечивать цветовую (в перспективе – и звуковую) индикацию присутствия РХБ агентов во внешней среде;
- обеспечивать всепогодную защиту от климатических факторов;
- обеспечивать маскировку в максимально широком диапазоне длин волн электромагнитного излучения;
- обеспечивать климат-контроль в подкостюмном пространстве;
- адаптироваться по цветовой гамме к внешней среде (свойства хамелеона);
- выполнять другие специфические функции.

Как считают зарубежные военные эксперты, средства РХБ защиты, базируясь на образцах традиционного типа, предназначенных для использования вне увязки с другими элементами экипировки военнослужащих, будут совершенствоваться в рамках создания комплексной экипировки нового типа [3 – 8].

Таким образом, создание комплексной боевой экипировки военнослужащих является сложной научно-технической задачей и связано с разработкой ряда самостоятельных, но интегрированных в единый многофункциональный комплекс систем и подсистем, обеспечивающих в совокупности решение боевых задач военного и мирного времени. Подсистема радиационной, химической и биологической защиты в составе комплексной боевой экипировки военнослужащих является одной из наиболее значимых для достижения поставленных перед военнослужащими целей в ходе проведения боевых действий, так как функционально направлена на сохранение их жизни и боеспособности в условиях воздействия поражающих факторов различной природы, включая смертельно опасные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хомичев, Б. А.** Перспективная боевая и тактическая экипировка российских военнослужащих : [Электронный ресурс] / Б. А. Хомичев. – URL : <http://sotnic.net>.
2. **Тарасов, Б. В.** Современные медицинские технологии в экипировке бойца XXI века : [Электронный ресурс] / Б. В. Тарасов, Э. Г. Мальцев. – URL : <http://www.npcmodul.ru/articles/article06.htm>.
3. **Copeland, P.** Future Warrior Exhibits Super Powers / P. Copeland // American Forces Press Service. – Washington. – 2004. – July 27.
4. **The Warrior.** July–August 2003 : [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.natick.army.mil>.
5. **U.S. Army Soldier and Biological Chemical Command Information Server** : [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.sbccom.apgea.army.mil>.
6. **Edgewood Chemical and Biological Center (ECBC) Home Page** : [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.sbccom.apgea.army.mil/RDA/ecbc>.
7. **Joint Service Chemical Biological Information System (JSCBIS)** : [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.sarda.army.mil/jscbis/jscbis.htm>.
8. **Mitch, J.** Science Transforms the Battlefield / J. Mitch. – 2003. – Aug. 11. – V. 81, N 32. – P. 28 – 34.

УДК 661.183.2

Н. И. Богданович, М. Г. Белецкая, Е. А. Лагунова, А. И. Бубнова

ФГБОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск

УГЛЕРОДНЫЕ АДСОРБЕНТЫ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

В связи с высокотехнологичной разработкой крупных месторождений углеводородов на морских акваториях Арктики многие страны активизировали деятельность с целью формирования и наращивания своего экономического, информационного, политического и военного присутствия в этом отдаленном, малонаселённом регионе, отличающемся экстремальными погодно-климатическими условиями, которые кардинально усложняют жизнедеятельность. Особо следует отметить крайне высокую уязвимость северной природной среды, практически не восстанавливаемой вследствие негативного антропогенного воздействия.

ФГБОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова» (С(А)ФУ) занимается обеспечением инновационной научной и кадровой поддержки защиты геополитических и экономических интересов России в Арктике. Это реализуется на основе стратегического партнёрства с бизнес-сообществом путём интеграции науки, производства и образования с созданием инновационной системы непрерывного профессионального образования.

По указанным причинам необходима ориентация общества и отраслей промышленности к инновационному пути развития и освоения арктических и субарктических территорий. Запланировано интенсивно развивать существующие в Архангельской области мощные предприятия судостроения и машиностроения; нефтегазодобывающую промышленность (создание высокотехнологичных морских сооружений для добычи, хранения, транспортирования и переработки углеводородного сырья в холодном климате и др.); лесную и деревообрабатывающую промышленность; глубокую переработку возобновляемых биоресурсов; северную (полярную) медицину, здравоохранение и многое другое.

Резкая активизация работ с углеводородами значительно повышает вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) (взрывы, пожары, загрязнение территорий и акваторий нефтепродуктами и т.п.). Последствия ЧС и их ликвидация неизбежно связаны с риском для здоровья и жизни людей, поэтому необходимо развивать создание средств защиты. Особое место занимают эффективные адсорбенты для очистки воздуха и воды. Для получения углеродных и углерод-минеральных ферромагнитных адсорбентов предлагается использовать сухостойную древесину ели, которую необходимо срочно рационально использовать в связи с большими объёмами биоповреждений еловых древостоев в междуречье Северной Двины и Пинеги Архангельской области, что подтверждается результатами космического мониторинга и полевых исследований.

В С(А)ФУ разрабатываются два принципиально отличающихся способа термохимической активации древесных и других растительных материалов, являющихся в основном отходами переработки древесины, а также некоторых сельскохозяйственных культур.

По одному из способов исходное сырьё (технические лигнины, опилки, кора, солома, косточковые отходы, плодово-ягодные жмыхи и др.) подвергается термической обработке (предпиролизу), смешивается с концентрированными растворами щёлочи (лучше NaOH) и поступает на дополнительную термообработку (термохимическую активацию), осуществляемую без доступа воздуха в атмосфере выделяющихся паров. Полученный науглероженный материал подвергает-

ся тщательной промывке водой и (при необходимости снижения зольности) 0,5 н HCl. Полученный активный уголь (АУ «Карболин») сушат и упаковывают.

Выход АУ по указанной технологии составляет от 15 до 35% в расчёте на сухие вещества сырья и зависит, в основном, от вида последнего. Уголь получается порошкообразный, попытки гранулирования приводили к потере сорбционных свойств.

Сорбционные свойства углей (метиленовый голубой, йод, гексан и др.) в 2,5–4,0 раза превосходят аналогичные показатели промышленно выпускаемых в России активных углей подобного класса. Объём сорбирующих пор достигает 1,2 см³/г по бензолу и 2,0 см³/г по азоту (БЭТ). Варьируя режимные параметры предпирилиза и термохимической активации можно получить чисто микропористые активные угли, в том числе с преобладанием супермикропор, а также угли с высоким содержанием мезопор. В определённых условиях получают лёгкие (вспученные) АУ с насыпной массой 48...50 г/л или достаточно тяжёлые – до 300 г/л.

Сферы применения полученных углей – практически все известные для порошкообразных углеродных адсорбентов. Из новых направлений использования некоторых из них является получение тканевых материалов для газовых респираторов, а также изготовление суперконденсаторов с большой мощностью.

Из заключения ЗАО «ЭЛТОН», в котором проводились испытания наших АУ «Каболин» по инициативе проф. В. М. Мухина (ОАО «ЭНПО «Неорганика»), следует, что они проявили на 50% более высокую эффективность при коротких (порядка 10 минут) циклах заряд-разряд по сравнению с лучшими образцами углей, протестированными ранее. Из этого следует, что применение данного угля весьма перспективно в мощных суперконденсаторах системы PbO₂[H₂SO₄]C.

По второму способу, разрабатываемому в С(А)ФУ, исходное сырьё (то же, что и по первому способу) обрабатывается гидроксидами железа, после чего полученную смесь подвергают термообработке в режиме пиролиза (в атмосфере парогазов). В результате взаимодействия с гидроксидами железа происходит активирование углеродной матрицы и формирование пористой структуры органо-минеральных ферромагнитных адсорбентов, сорбирующих метиленовый голубой до 380 мг/г, йод – до 120 мг/г, гептан – до 600 мг/г. Объём сорбирующих пор по данным низкотемпературной адсорбции азота достигает 0,58 см³/г, из них объём микропор – 0,26 см³/г. Общая удельная поверхность по БЭТ превышает для отдельных образцов 600 м²/г, а поверхность мезопор достигает 200 м²/г.

Гидроксиды железа при термообработке вступают в химическое взаимодействие с сырьевыми материалами, что приводит к формированию циклически полимеризованных углеродных матриц и ферромагнитных свойств, обусловленных наличием соединений железа в наиболее активной форме. Намагниченность насыщения полученных образцов достигает 60 Ам 7 кг. При этом следует отметить, что увеличение напряжённости магнитного поля выше 4000 Гс не приводит к росту удельной намагниченности.

Синтезированные ферромагнитные адсорбенты могут найти применение в самых разнообразных областях при обработке газообразных и жидких сред. Наиболее эффективно их использовать для очистки газовых сред от сероводорода и сероорганических соединений. Данные предварительных исследований свидетельствуют об их эффективности при извлечении углекислого газа из воздуха и других газов, причём процесс адсорбции CO_2 сопровождается химическим взаимодействием с активными центрами адсорбента и высвобождением некоторого количества кислорода.

Внедрение порошкообразных частиц ферромагнитных адсорбентов в структуру волокнистых материалов (целлюлоза, синтетические нетканые материалы) позволяет получить материалы для защиты людей от электромагнитного излучения.

Исследования синтеза активных углей и ферромагнитных адсорбентов продолжают в основном в лабораторных условиях. На экспериментальной установке наработано около 200 литров АУ, который передан различным фирмам для определения потребительских свойств. Полученные ими результаты подтверждают сделанные в С(А)ФУ выводы о свойствах углеродных и других адсорбентов, рассматриваемых в настоящей работе.

Имеются некоторые предположения по технологическому и аппаратному оформлению процессов. Однако опытно-конструкторские и проектные работы в данном направлении пока не проводились из-за отсутствия финансирования. Некоторые элементы технологии начали разрабатывать в форме «ноу-хау». При необходимости их можно защитить патентами на изобретения. Одна заявка на патент по способу производства АУ «Карболин» уже подана.

Другим важным направлением инновационной деятельности С(А)ФУ является кардинальная модернизация переработки беломорских водорослей с расширением ассортимента готовой продукции и объёмов производства ОАО «Архангельский опытный водорослевый комбинат». В фармакологическую группу продукции этого предприятия входят препараты альгимаф и альгипор, предназначенные для лечения заболе-

ваний кожи. Альгимаф эффективен для лечения ожогов, длительно незаживающих трофических ран и язв. Его фармакологическое действие – дерматопротективное, адсорбирующее, противомикробное, стимулирующее регенерацию. Альгипор предназначен для лечения ожогов, в том числе глубоких, с влажным струпом и обильными отделениями, а также вяло заживающих ран и язв, трофических язв и пролежней. Его фармакологическое действие – раноочищающее, адсорбирующее, детоксикационное, стимулирующее регенерацию. Имеются большие перспективы по совершенствованию противоожоговых препаратов.

В настоящее время на ОАО «Архангельский опытный водорослевый комбинат» осуществляется выпуск ряда биологически активных защитных средств для человеческого организма. Например, препарата канальгат, оказывающего противорадиационное действие при внешнем облучении организма и стимулирующего действие системы кровообращения. Препараты магний-альганат и калий-альганат избирательно связывают и выводят из организма ионы тяжёлых металлов и радионуклидов, в том числе опасные ^{90}Sr и Cs-137 . На основе природного полисахарида морских бурых водорослей с основным действующим веществом альгинат натрия производится продукт с товарным названием «натальгин», который способен выводить из организма ионы тяжёлых металлов, в том числе свинца и кадмия, а также радионуклиды (стронция, бария, радия и др.). Продукт с товарным названием «кальцинат» поставляет в организм кальций, помогает при аллергических заболеваниях, последствиях лучевой болезни и химиотерапии, выводит из организма токсичные вещества при поступлении их с продуктами питания, водой, воздухом, избирательно выводит соли тяжёлых металлов и радионуклидов без потери жизненно важных микро- и макроэлементов.

В настоящее время в С(А)ФУ начата разработка технологии комплексной глубокой переработки водорослей и зеленой растительной массы, получаемой при лесопереработке. Это позволит значительно расширить сырьевую базу для производства биоактивной продукции.

Важнейшим направлением совместной инновационной деятельности С(А)ФУ и ОАО «Корпорация «Росхимзащита» (г. Тамбов) является подготовка и повышение квалификации кадров для науки и производства в сфере создания биологически активных средств защиты на основе использования местного сырья Арктики и субарктики. В настоящее время разрабатывается программа обучения, в том числе в ходе проведения совместных научных исследований аспирантов и докторантов с привлечением студентов, а также при выполнении проектно-технологических работ по внедрению новой продукции и наращиванию объёмов производства.

М. Н. Васильев

ФГБОУ ВПО «Московский физико-технический институт»,
г. Долгопрудный Московской обл.

ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ОПЫТ МФТИ В РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИИ

1. ВВЕДЕНИЕ

Принцип генерации электронно-пучковой плазмы. Электронно-пучковая плазма (ЭПП) образуется при инъекции электронного пучка (ЭП) в плотную среду, в качестве которой могут использоваться различные газы и их смеси, пары неорганических и органических веществ, а также аэрозоли, содержащие твёрдые частицы и жидкие капли. Принцип генерации ЭПП проиллюстрирован на рис. 1.

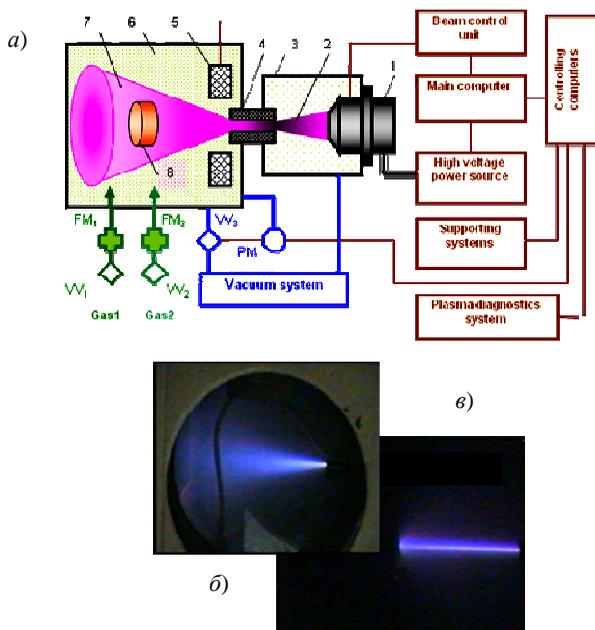


Рис. 1. Генерация электронно-пучковой плазмы:

- a* – принцип генерации ЭПП и блок-схема пучково-плазменного реактора:
 1 – электронная пушка; 2 – ЭП; 3 – высоковакуумная камера; 4 – ВО;
 5 – система сканирования пучка; б – рабочая (реакционная) камера;
 7 – облако ЭПП; 8 – обрабатываемое изделие; б – облако ЭПП азота
 при $P_m \sim 10$ Торр; в – облако ЭПП азота при $P_m \sim 10^{-1}$ Торр

Тонкий цилиндрический ЭП 2, формируемый размещённой в высоковакуумной камере 3 электронно-лучевой пушкой 1, через специальное выводное окно (ВО) 4, инжектируется в реакционную камеру 6, в которой находится какая-либо из упомянутых выше плазмообразующих сред. При прохождении через плотную среду ЭП рассеивается в упругих столкновениях, а энергия быстрых электронов постепенно расходуется в различных неупругих процессах взаимодействия со средой – ионизации, возбуждения атомов и молекул с возможной диссоциацией последних, прилипания и других и, в конечном счёте, идёт на нагрев среды и элементов конструкции, фазовые превращения или излучается. В результате формируется обычно хорошо видимое невооружённым глазом плазменное облако 7.

Общие свойства электронно-пучковой плазмы. В общем случае свойства ЭПП и геометрия плазменного облака определяются параметрами инжектируемого ЭП (энергией электронов E_b , полным током пучка I_b и плотностью тока j_b), свойствами плазмообразующей среды (химическим и фазовым составом, давлением P_m , температурой T_m), продолжительностью инжекции τ .

Особенностью рассматриваемого способа генерации плазмы является то, что давление плазмообразующего газа и параметры инжектируемого пучка могут изменяться независимо. Геометрия, состав, температуры частиц и другие характеристики пучково-плазменного образования определяются конкретной комбинацией E_b , I_b , j_b , P_m . Изменяя плотность тока ЭП при постоянном давлении P_m (или, наоборот, изменяя давление газа при постоянном j_b), удаётся реализовать различные режимы торможения и за счёт этого управлять режимами работы генератора ЭПП.

Состав ЭПП сложен: в ней присутствуют молекулы, атомы, ионы и радикалы в основном и в возбужденном состояниях, а также плазменные электроны и электроны деградирующего ЭП. При умеренных давлениях газа ($P_m < 10^2$ Торр), а именно в этом диапазоне проводились обсуждаемые ниже эксперименты, ЭПП является сильнонеравновесной: функция распределения электронов (ФРЭ) по энергиям в ЭПП – немаксвелловская, а концентрации электронов и тяжёлых частиц на порядки превышают равновесные значения. В силу перечисленных причин химическая активность ЭПП весьма высока даже при низких (≈ 300 К) температурах.

Особенности генерации электронно-пучковой плазмы. Техника генерации ЭПП имеет следующие особенности, определяющие её преимущества с точки зрения приложений по сравнению с её ближайшим конкурентом – плазмой газовых разрядов.

- ЭП может быть инжесктурирован в газы, пары и парогазовые смеси любого химического состава. При этом в плазменном объёме могут происходить неравновесные плазмохимические реакции, в том числе – реакции, не наблюдаемые в других условиях.

- При повышении P_m плазменный объём не контрагирует и не распадается на отдельные филаменты с высокой плотностью энерговыделения, поэтому удаётся формировать большие, достаточно однородные реакционные объёмы.

- В реакционном объёме можно размещать твёрдые тела большого размера и практически любой геометрии; в нём технически не сложно распылить жидкость или порошок. Пучковая плазма аэрозолей является основой многих технологий обработки органических и неорганических материалов в дисперсной фазе.

- Плазменный объём хорошо управляем: регулируя мощность инжесктурируемого ЭП, энергию электронов, давление газа, а также сканируя ЭП внутри реакционной камеры, удаётся реализовать различные режимы энерговыделения. При этом могут быть созданы весьма специфические условия воздействия на материал, например – возможна высокоэффективная плазмохимическая обработка без нагрева материала и плазмообразующего газа.

- При инжесккции ЭП в газовые потоки (как дозвуковые, так и сверхзвуковые) обычно не возникает проблем, связанных с устойчивостью плазменного образования. Это позволяет повысить эффективность обработки за счёт интенсивного вдува плазмообразующего газа в реакционную зону.

- ЭП удаётся инжесктурировать в область газового разряда различных частотных диапазонов: от разрядов в постоянном поле до СВЧ-разрядов. При этом генерируется так называемая гибридная плазма (ГП). Одновременное или чередующееся действие на плазмообразующую среду ЭП и электромагнитного поля является основой ряда уникальных плазменных технологий.

2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОСНОВАННЫЕ НА ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЕ

Известные приложения ЭПП основаны на её тепловом, плазмохимическом и радиационно-химическом воздействиях на вещество, которые, в зависимости от условий генерации, как правило, проявляются в различных сочетаниях.

Термические процессы, сопровождающиеся нагревом плазмообразующего газа и материалов, помещённых в ЭПП, обусловлены энерговыделением при торможении быстрых электронов в плотной среде.

Радиационно-химические процессы также связаны с воздействием на вещество быстрых электронов и используют способность ионизирующего излучения изменять его строение и свойства. Лучше всего это проявляется на объектах со сложной химической структурой. Радиационно-химические процессы требуют достаточно высоких энергий электронов (обычно $E_b \geq 150$ кэВ) и могут сопровождаться нагревом облучаемого объекта, который, однако, является здесь лишь сопутствующим фактором.

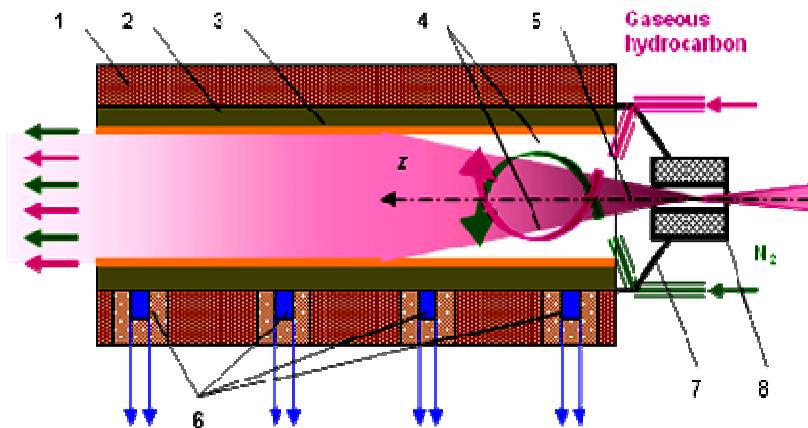
Плазмохимические процессы, в которых, в отличие от радиационно-химических процессов, участвуют не только и не столько быстрые электроны, а тяжёлые частицы плазмы (ионы и радикалы) и плазменные электроны. Очевидно, что кинетика плазмохимических реакций в свободном газовом объёме и на поверхности твёрдого тела в значительной мере определяется температурой плазмы и поверхности. Поэтому, наряду с подбором состава плазмообразующей среды, оптимизация режима нагрева (и охлаждения) материала является способом управления процессом его обработки.

В большинстве известных технологий, основанных на ЭПП, реализуется один из следующих процессов, или их комбинация:

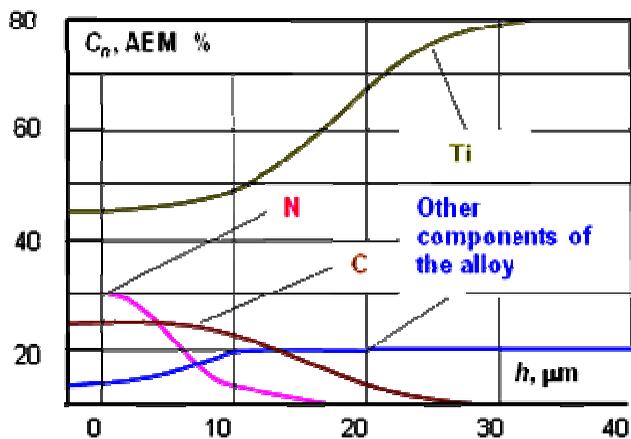
- плазменно-стимулированный синтез неорганических, органических и гибридных соединений;
- управляемая деструкция высокомолекулярных соединений;
- модификация материалов с целью придания им особых физико-химических свойств (например, травление, прививка концевых групп, гидрофилизация или гидрофобизация);
- плазменно-стимулированное осаждение покрытий.

Перечисленные процессы могут быть реализованы в технологиях обработки компактных твёрдых тел и дисперсных порошков, плёнок и мембран, волокон и тканей, пористых материалов. Рассмотрим некоторые примеры пучково-плазменных технологий.

Плазменно-стимулированный синтез карбонитридов на внутренней поверхности металлических труб. Один из вариантов организации процесса синтеза комбинированных карбид- и нитридтитановых покрытий проиллюстрирован на рис. 2, а. Плазмообразующие газы (азот и метан) вдувались через один из торцов трубы 2, изготовленной из сплава ВТ1-00, с помощью соплового устройства 7, конструктивно объединённого с выводным окном 8, через которое вдоль оси трубы инжигировался ЭП. Сопловое устройство формировало закрученный газовый поток, что интенсифицировало взаимодействие ЭПП 5 с поверхностью трубы.



a)



b)

Рис. 2. Синтез покрытий на внутренней поверхности трубы из титанового сплава BT1-00:

- a – схема эксперимента: 1 – теплоизолятор; 2 – обрабатываемая труба; 3 – синтезированный слой; 4 – подача плазмообразующих газов; 5 – ЭПП; б – термосенсоры; 7 – сопловое устройство; 8 – выводное окно;
- б – содержание химических элементов C (АЕМ, %) на различной глубине h синтезированного слоя

Необходимая температура процесса достигалась подбором мощности ЭП, аксиальное распределение температуры стенки трубы T_s контролировалось термосенсорами 6. Для снижения паразитных утечек тепла из зоны обработки труба вставлялась в теплоизолирующий кожух 1.

При взаимодействии ЭПП с внутренней поверхностью трубы на ней формировался слой 3, содержащий соединения титана с кислородом и углеродом. Максимум толщины синтезированного слоя достигался за время $\tau \sim 10$ мин и составлял 5...15 мкм, причём углерод, как правило, проникал в металл глубже, чем азот. На рисунке 2, б представлено распределение химических элементов по толщине поверхностного слоя, синтезированного при следующих условиях: $E_b = 30$ кеВ, $I_b = 12$ мА, $T_s = 550$ °С, $P_m = 10$ Торр, соотношение компонентов плазмообразующей смеси $\text{CH}_4:\text{N}_2 = 1:2$.

Управляемая деструкция природных биополимеров. Эксперименты по управляемой деструкции высокомолекулярных полимерных и биополимерных материалов с целью получения низкомолекулярных продуктов, обладающих ценными физико-химическими и биологическими свойствами, проводились с полисахаридами (целлюлоза, хитозан), белками (фибрин-мономер, альбумин, лизоцим) и некоторыми гетероциклическими соединениями. Значения от эффекта обработки древесной целлюлозы в ЭПП различных газов, представленные в табл. 1, показывают, что эта обработка приводит к деструкции полисахарида, снижению степени полимеризации и образованию $>\text{C}=\text{O}$ – COOH групп на концах фрагментов полимерных молекул.

1. Влияние ЭПП-обработки на целлюлозу:

$I_b = 6$ мА, $E_b = 40$ кеВ, $P_m = 12$ Торр, $\tau = 5$ мин

Плазмообразующий газ	Степень полимеризации	Содержание концевых групп, мг-эквивалент/г	
		$>\text{C}=\text{O}$	$-\text{COOH}$
Кислород	3,6	1,0	0,8
Водяной пар	5,0	1,4	1,0
Водород	3,1	1,4	0,3
Необработанная целлюлоза	$\sim 10^3$	–	–

На основании результатов ЯМР-исследований конечных продуктов деструкции целлюлозы установлено, что эти продукты представляют собой смесь низкомолекулярных H₂O- и D₂O-растворимых β-(C₁→C₄)-тетрасахаридов с одной кетонной или карбоксильной группой на 5–7 гликозидных звеньев.

Гидрофилизация натуральных тканей. Воздействие ЭПП на полимерный материал приводит к химической и структурной перестройке его поверхностных слоёв. Эффект воздействия плазмы выражается в образовании новых кислородсодержащих групп (гидроксильных, карбоксильных, перекисных), изменении молекулярной массы и конформационной структуры полимера. Кроме того, в полимере могут образовываться шивки и формироваться развитая сеть поверхностных микрокапилляров. В результате, плазменная обработка сопровождается изменением свойств полимера, которые определяются состоянием его поверхности, в частности, – гидрофильно-гидрофобных свойств, адгезионной и сорбционной активности.

Цель данного цикла исследований: выявление возможностей управляемого пучково-плазменного модифицирования волокнообразующих полимеров для повышения их гидрофильности. В качестве модельного объекта выбраны суровые ткани из льняного волокна, характеризующиеся практически нулевыми значениями капиллярности и смачиваемости*.

Эксперименты по обработке текстильных материалов в ГП воздуха (ЭПП в комбинации с ВЧ-разрядом частотой 40 МГц) показали, что по сравнению с исходными (необработанными) образцами капиллярность суровой льняной ткани возрастала в десятки и сотни раз, а время растекания капли воды, напротив, уменьшалось в десятки раз (табл. 2).

2. Влияние обработки в ЭПП кислорода на гидрофильно-гидрофобные свойства льняной ткани

Длительность обработки, s	Капиллярность, мм/ч	Смачиваемость, с
0	0...1	300
2	48	34
5	67	12
10	69	4

* Смачиваемость ткани определяется как время растекания капли жидкости по поверхности, а капиллярность определяется как скорость подъёма жидкости по вертикальному фитилю ткани, нижний конец которого опущен в сосуд с жидкостью.

Данные таблицы также показывают, что эффект обработки круто нарастает в начальный промежуток времени (~5 с), а затем практически не изменяется.

Получение углерод-композиционных материалов методами плазменно-стимулированного осаждения углерода. Цель данного цикла исследований: изучение возможностей применения методов осаждения покрытий в ЭПП в технологиях производства композитов со специальными свойствами. При этом либо мишень, либо подложка, либо и мишень и подложка являлись углеродными материалами.

На первом этапе отработана методика нанесения углеродных покрытий на различные подложки (монокристаллический кремний, стеклогуглерод, карбид кремния, углеродные ткани и волокна, фарфор и другие керамики, полимерные материалы и др.). Все подложки подвергались предварительной химической обработке, регламент которой определялся родом материала.

Эксперименты проводились по схеме, иллюстрируемой рис. 3. Концентрированный ЭП 1, инжектированный через ВО 2 в рабочую камеру 3, направлялся на испаряемую мишень 6, изготовленную из материала, который необходимо осадить на подложку 9. Поток пара 5, распространяясь в направлении подложки, активировался плазмой ВЧ-разряда 8, который формировался в промежутке между активным электродом 4 и заземлённым электродом 7. Активный электрод служил одновременно держателем подложки 9. Нанесение покрытий производилось в атмосфере инертных газов (He, Ar), давление которых варьировалось в диапазоне от 10^{-2} до 50 Торр. Исследовались также многостадийные режимы осаждения покрытия с изменяющимися от стадии к стадии составом плазмообразующего газа и его давлением.

Нанесённые покрытия тестировались на механическую адгезию, стойкость к воздействию растворителей, поверхностную электропроводность и отражательную способность в видимом и ИК-диапазонах. Установлено, что в зависимости от режима осаждения (I_b , E_b , P_m , T_s , τ) можно получить аморфные и кристаллические углеродные покрытия с резко отличающимися физико-химическими свойствами. В отдельных случаях наблюдалось образование хорошо идентифицируемых на электронограммах алмазоподобных структур с характерными размерами до 10 мкм.

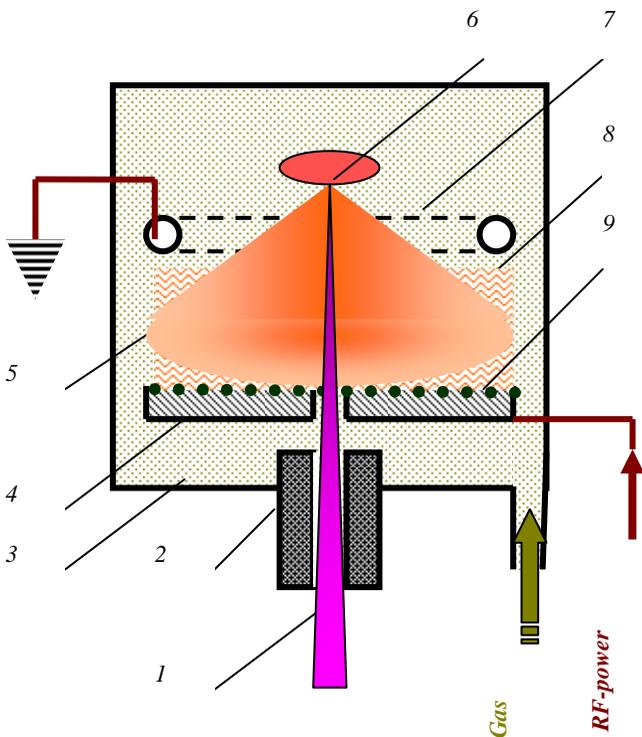


Рис. 3. Осаждение покрытий в ГП:

1 – ЭП; 2 – ВО; 3 – рабочая камера; 4 – активный электрод; 5 – поток паров; 6 – испаряемая мишень; 7 – пассивный электрод; 8 – ВЧ-разряд; 9 – подложка

На втором этапе исследований обрабатывалась технология нанесения нестираемых углеродных покрытий на термолабильные подложки: целлюлозные материалы, натуральные и синтетические волокна, полимерные плёночные материалы, пластмассы. На большинстве из перечисленных материалов получены зеркальные покрытия с высоким коэффициентом отражения в красной части спектра, а также электропроводящие покрытия.

Хорошо отражающие и зеркальные покрытия получены и на базальтовых нитях и тканях, причём для этих подложек не требовалась химическая подготовка поверхности. Электропроводные покрытия удалось получить только после предварительной химической обработки подложки.

На третьем этапе исследований изучалось влияние плазменно-осаждённых покрытий на горючесть углеродного волокна ВМН-4. Исследовались металлические покрытия (Al, Cu, Ag), покрытия диборидами гафния и циркония, кремниевые и карбид-кремниевые покрытия, а также многослойные Si- и SiC-покрытия в различных сочетаниях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Относительная горючесть ξ материала определялась как отношение времени сгорания образца, прошедшего пучково-плазменную обработку, к времени сгорания контрольного необработанного образца. Результаты измерения относительной горючести для волокон сведены в табл. 3.

3. Влияние различных плазменно-осаждённых покрытий на горючесть, ξ , углеродных волокон

Покрытие	Без обработки	Al	Si	SiC	Si + SiC	Cu, Ag
ξ , отн. ед.	1,0	1,0	1,2	1,4	1,75	0,06...0,1

Накопленный в Московском физико-техническом институте опыт разработки и внедрения пучково-плазменных систем показывает, что технологии, основанные на ЭПП, обладают рядом конкурентных преимуществ не только в сравнении с традиционными технологиями «мокрой» химии, но и превосходят известные плазмохимические технологии, использующие плазму газовых разрядов. Учитывая то, что работа пучково-плазменных реакторов не сопровождается загрязняющими окружающую среду газообразными выбросами и жидкими сливами, экологические характеристики этих аппаратов также оказываются чрезвычайно высокими. Таким образом, электронно-пучковую плазму следует рассматривать как основу перспективных технологий получения материалов с уникальными физико-химическими и биологическими свойствами, а также технологий производства изделий с повышенными эксплуатационными характеристиками, способных работать в экстремальных условиях.

А. А. Фомкин*

*ФГБУН Институт физической химии и электрохимии
им. А. Н. Фрумкина РАН, г. Москва*

АДСОРБЦИЯ И ДЕФОРМАЦИЯ АДСОРБЕНТОВ

Адсорбция на поверхности твёрдых тел изменяет их упругопластические свойства. Это явление, как известно, лежит в основе эффекта Ребиндера. Знак и величина эффекта зависят как от химических свойств поверхности твёрдого тела, так и от физико-химических свойств адсорбируемого вещества. Изменение упругопластических свойств пористых материалов и особенно микропористых адсорбентов приводит к существенному изменению термодинамических свойств адсорбционных систем.

Физическая адсорбция всегда сопровождается силовым взаимодействием адсорбированных молекул с поверхностью твёрдого тела. На молекулярном уровне несимметричность потенциала взаимодействия молекул адсорбата с поверхностью приводит к усилиям, деформирующим поверхность твёрдого тела. Адсорбционная деформация зависит от степени развития поверхности и, следовательно, от величины удельной поверхности твёрдого тела. Для наноразмерных, нанопористых и микропористых материалов адсорбционная деформация зависит от величины адсорбции и различна не только по величине, но и по знаку.

Пористая структура адсорбента играет существенную роль в деформационных эффектах. Наличие мезопор в пористой структуре адсорбента приводит к эффектам капиллярной конденсации, адсорбционному гистерезису и связанному с ним гистерезису адсорбционной деформации адсорбента.

В работе представлены результаты анализа поведения термодинамических свойств адсорбционных систем «адсорбент-адсорбат» при адсорбции газов, паров и жидкостей на микро- и мезопористых адсорбентах в широких интервалах изменения a , p , T – параметров адсорбционных равновесий. Рассмотрены подходы, связывающие адсорбционную деформацию и структурно-энергетические характеристики адсорбентов. Предложены методы описания адсорбционной деформации адсорбентов на основе обобщённых потенциалов парного взаимодействия «адсорбент – адсорбат» и «адсорбат – адсорбат».

* Работа выполнена при поддержке РФФИ. Проект № 12-03-00188.

Методом молекулярной динамики проведён анализ структуры адсорбата в микропорах. Расчёты проводились при помощи пакета TINKER с силовым полем OPLS-AA. Элементарный шаг интегрирования уравнения движения составил 1 фс, мгновенные снимки получали каждые 1000 фс. Получены профили плотности вероятности метана в щелевидных порах в зависимости от числа молекул в порах и температуры.

Приводятся результаты определения состава газовых смесей новым методом – методом волновой сорбострикции, основанным на проявлении свойств селективности адсорбционной деформации.

УДК 621.039.73

**М. Д. Гаспарян, В. Н. Грунский, А. В. Беспалов,
М. Г. Давидханова, Г. В. Шкатов**

*ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет
им. Д. И. Менделеева», г. Москва*

МАЛООБЪЁМНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ВЫСОКОПОРИСТЫЕ БЛОЧНО-ЯЧЕЙСТЫЕ ФИЛЬТРЫ-СОРБЕНТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Малообъёмные каталитические системы на основе керамических высокопористых ячеистых материалов (ВПЯМ), разработанные в ФГБОУ ВПО «РХТУ им. Д. И. Менделеева», применяются в различных жидкофазных каталитических процессах, при решении экологических проблем по каталитической нейтрализации отходящих газов от углеводородов, оксидов азота и углерода.

Керамические ВПЯМ разного состава получают по шликерной технологии методом воспроизведения сетчато-ячеистой структуры полимерной матрицы из открыто ячеистого пенополиуретана. В качестве дисперсной фазы и основного связующего в шликере используются оксиды алюминия, магния, циркония, кремния, карбид кремния и т.д. Для развития поверхности и улучшения прочностных характеристик на керамический каркас методом последовательной пропитки и термообработки наносится активная подложка из $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Полученные таким путём носители для сорбентов и катализаторов обладают высокой удельной поверхностью, низким газодинамическим сопротивлением, высоким коэффициентом внешней диффузии, высокой степенью перемешивания и диспергирования, что позволяет эффективно проводить массообменные процессы с достаточно высокими скоростями при малых концентрациях реагирующих веществ.

Исследована возможность применения высокопористых ячеистых фильтров, сорбентов и катализаторов в решении важнейшей экологической проблемы атомной отрасли – утилизации газообразных радиоактивных отходов (РАО) и летучих продуктов переработки облученного ядерного топлива (ОЯТ).

Разработанные фильтры-сорбенты и фильтры-катализаторы на основе ВПЯМ показали высокую эффективность в процессах предварительной фильтрации радиоактивных аэрозолей и хемосорбции паров радиоактивного цезия-137, радиоiodа и его соединений и для улавливания других летучих радионуклидов, каталитического дожигания водорода (в том числе тритированного).

Выполненные исследования позволят в перспективе создать малообъемные сорберы и каталитические конверторы картриджного типа, сменные элементы которых, при необходимости, могут быть регенерированы химическими и термическими методами.

Путём подбора состава ВПЯМ и селективных сорбционно-каталитических активных композиций, в том числе цеолитных, возможно создание установок для комплексного улавливания выделяющихся в высокотемпературных процессах утилизации РАО и переработки ОЯТ газообразных радионуклидов.

УДК 623.459.64

**О. И. Орлов¹, И. А. Смирнов¹, А. А. Фомкин²,
П. Э. Солдатов¹, Т. С. Смоленская¹**

*¹Федеральное бюджетное учреждение науки ГНЦ РФ –
Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва;*

*²Федеральное бюджетное учреждение науки Институт физической
химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина, г. Москва*

СРЕДСТВА ФОРМИРОВАНИЯ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ В ГЕРМООБЪЕКТАХ С МАЛОЙ ЭНЕРГОВООРУЖЁННОСТЬЮ

Настоящая работа направлена на формирование газовой среды обитаемых гермообъектов с малой энерговооружённостью путём применения патронов для поглощения углекислого газа, соединённых с органами дыхания членов экипажа посредством носоглоточных масок с воздушными шлангами и системой клапанов, а восполнение кислорода осуществляется от специально разработанных адсорбционных аккумуляторов кислорода низкого давления с высокоэффективным регенерируемым поглотителем кислорода, не требующим подклю-

ния к бортовой электросети. Поглощение углекислого газа осуществляется за счёт энергии лёгочной вентиляции членов экипажа. Таким образом вся система обеспечения газового состава не нуждается в источнике электропитания.

Отличительной особенностью предлагаемого решения является расположение поглотителя. Вдох производится из атмосферы гермообъекта, а выдох – через слой поглотительного вещества. Атмосфера в зоне дыхания в отсеке остаётся чистой. Следует подчеркнуть, что при использовании предложенного решения обеспечивается не прямая защита собственно органов дыхания человека (как это имеет место при использовании фильтрующих и изолирующих противогазов), а поддерживается нормальный состав газовой среды гермообъекта.

Такой подход имеет ряд достоинств:

- слой регенеративного вещества работает чрезвычайно эффективно, так как через него проходит теплый воздух непосредственно из органов дыхания человека, максимально обогащённый парами воды и углекислым газом;

- поглощается не только метаболический углекислый газ, выделившийся при выдохе, но и тот объём углекислого газа, который содержится во вдыхаемом из гермообъекта воздухе;

- членам экипажа обеспечивается возможность на довольно большой промежуток времени снимать маски для приёма пищи, проведения санитарно-гигиенических процедур, выполнения ремонтно-восстановительных работ в труднодоступных местах, оказания медицинской помощи и т.д.;

- человек вдыхает воздух при температуре окружающей среды, а не горячий воздух из поглотительного патрона;

- полностью исключается попадание в органы дыхания компонентов шихты и продуктов химических реакций;

- создаваемая лёгкая гиперкапния на вдохе непроизвольно увеличивает лёгочную вентиляцию членов экипажа, что ещё больше повышает эффективность применяемых средств;

- каждый третий член экипажа может находиться без защитных масочных средств, что важно, так как в экипаже могут оказаться больные или раненые.

При необходимости предлагаемое решение предусматривает возможность перехода от схемы расположения поглотительного вещества на линии выдоха к маятниковой схеме дыхания путём простого переключения клапанов.

Изготовлены индивидуальные и групповые поглотительные патроны с различными химпродуктами и проведены их испытания

с участием испытателей-добровольцев в гермообъектах ГНЦ РФ ИМБП РАН объёмом 3,0; 6,0 и 50,0 м³ при нормальном и повышенном давлении. Полученные результаты показали правильность предложенных решений и комфортность разработанных средств для экипажей.

УДК 614.7./8: 661.183

С. Н. Соловьев, Е. А. Каменер

ОАО «ЭНПО «Неорганика», г. Электросталь Московской обл.

ОБЗОР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОЛОВНОГО НИИ ПРОТИВОГАЗОВОЙ И СОРБЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Деятельность НИИ противогазовой и сорбционной техники началась в 1936 году. В настоящей статье представлены основные разработки в области средств индивидуальной защиты фильтрующего типа только за последние 40 – 50 лет.

В области общевойсковых противогазов:

В начале 1960-х годов впервые разработаны противогазы с малогабаритными фильтрующе-поглощающими коробками ПМГ, ПМГ-2. Эти противогазы имели существенно более высокие эргономические свойства.

Дальнейшим совершенствованием общевойскового противогаза явился разработанный в семидесятых-восемидесятых годах прошлого столетия противогаз ПМК. Он впервые решил задачу защиты от радиоактивных газов, обеспечил возможность непрерывного пребывания в противогазе в течение суток, принятия в нём воды и жидкой пищи.

В восьмидесятых годах прошлого столетия разработан принципиально новый вид шихты – в виде сорбирующих блоков, что позволило существенно уменьшить сопротивление вдоху, уменьшить габариты коробки. С использованием этой разработки создан противогаз ПМК-2.

В эти же годы разработан общевойсковой защитный комплект фильтрующий ОЗК-Ф. В его состав входит противогаз ПМК-3, респиратор РОУ, двухслойное средство защиты кожи. Комплект позволяет решить ряд назревших задач в части защитных и эксплуатационных свойств. Разработка этого комплекта удостоена Государственной премии за 1999 год.

До настоящего времени на снабжении Минобороны России состоят ранее разработанные институтом респиратор РОУ – для защиты от радиоактивной пыли и дополнительный, патрон ДП-2 – для защиты от оксида углерода.

В области специальных средств защиты для Вооружённых Сил и других силовых ведомств:

Разработаны последовательно противогазы для защиты органов дыхания от компонентов ракетных топлив ПРВ, ПРВ-У, ПРВ-М, решающих задачу надёжной защиты личного состава РВСН, космических войск от воздействия одновременно и от окислителей, и от топлива.

Для летного состава Вооружённых сил разработаны противогазы ПФЛ, а затем ЗДС-Л, которые обеспечивая высокие защитные и эксплуатационные свойства, полностью удовлетворяют специфические требования летного состава.

Большой вклад внесён институтом в разработку противогазов в интересах Гражданской обороны.

В 1960-х годах разработан малогабаритный противогаз ГП-5, а затем в 1980-х годах – современный противогаз ГП-7. Для придания противогазу дополнительных защитных свойств от АХОВ разработаны патроны ДПГ-1 и ДПГ-3, что смогло решить задачу универсальности защитных свойств.

Для обеспечения невоенизированных формирований гражданской обороны разработан противогаз с универсальными защитными свойствами ГП-10.

Новым направлением в деятельности института явилась разработка средств индивидуальной защиты для персонала объектов по уничтожению химического оружия.

Разработана линейка комплектов средств индивидуальной защиты, каждый из которых включает средства защиты органов дыхания и кожи: СИЗ-1, СИЗ-2, СИЗ-3, СИЗ-4, СИЗ-5, Л-1М.

Созданные комплекты обеспечивают защиту практически во всех аварийных условиях работы на объектах, в том числе в условиях пожара. Использование разработанных комплектов СИЗ на объектах уничтожения отравляющих веществ уже в течение 15 лет подтвердило их высокие защитные и эксплуатационные свойства.

Для МВД России специальных подразделений созданы противогазы ПФО-1 и «Вдох», которые в полной мере соответствуют по защитным и эксплуатационным характеристикам специфическим требованиям этих потребителей.

В настоящее время усилия института направлены на дальнейшее совершенствование средств индивидуальной защиты за счёт разработки более эффективных сорбентов, катализаторов, поглотителей, а также фильтрующих материалов.

УДК 661.183.1.

В. В. Самонин

*ФГБОУ ВПО «Санкт Петербургский технологический институт
(технический университет)», г. Санкт-Петербург*

ПОДГОТОВКА КАДРОВ НА КАФЕДРЕ СОРБЦИОННОЙ ТЕХНИКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Кафедра организована в 1931 году при создании в ЛХТИ военно-химического факультета для подготовки инженерных кадров для оборонных отраслей. В разное время кафедра имела номера 185, 27, 0820, называлась «Химия и технология сорбентов»; сегодня – это «Кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники».

За время существования кафедрой подготовлено 2040 инженеров, 180 кандидатов и более 30 докторов наук. Кафедра была в СССР и остаётся единственной в России выпускающей кафедрой по направлению создания сорбирующих материалов широкого назначения и средств защиты на их основе.

В настоящее время подготовка выпускников осуществляется по профилю «Технология средств химической защиты в чрезвычайных ситуациях» с сохранением всех основных лекционных и лабораторных курсов, среди которых: «Теоретические основы адсорбции», «Химия и технология адсорбентов, хемосорбентов, катализаторов и твёрдых источников кислорода», «Оборудование и основы проектирования заводов по производству материалов и изделий сорбционной техники», «Технология средств индивидуальной и коллективной защиты органов дыхания», «Методы исследования высокодисперсных и пористых тел», «Принципы создания систем жизнеобеспечения», «Промышленная адсорбция», «Ионообменные материалы и их применение», «Новое в химии и технологии сорбентов».

Наряду с этим, на кафедре сформирован новый профиль подготовки бакалавров «Химическая технология очистки и рационального использования водных ресурсов», где большое внимание уделяется сорбционным процессам. Среди читаемых курсов: «Химия воды», «Технология сорбционной очистки природных и сточных вод», «Ионообменная технология водоподготовки и водоочистки», «Методы определения загрязнений в природных и сточных водах», «Реагентные

методы очистки», «Применение углеродных наноструктурированных материалов фуллероидной формы в процессах очистки воды», «Основное технологическое оборудование процессов водообработки», «Технология утилизации отходов», «Биотехнология очистки воды».

На кафедре обучались и обучаются аспиранты и докторанты по специальностям «Химия твёрдого тела», «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Пожарная и промышленная безопасность», «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ», «Технология неорганических веществ». Подготовлены дополнительные образовательные программы по направлениям «Получение, свойства и применение сорбирующих материалов», «Технология получения химических поглотителей диоксида углерода», «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов».

В последний год кафедрой предпринимаются шаги в направлении восстановления утраченного специалитета по специальности «Технология средств защиты человека и окружающей среды», а также восстанавливается взаимодействие с предприятиями отрасли.

Научные направления кафедры представлены технологиями получения сорбирующих материалов различной химической природы и строения, изделий на их основе, а также их применения для очистки газовых и жидких сред. Особые усилия в последнее время направлены на тематику, связанную с разработкой различных технологических решений получения углеродных адсорбентов различной структуры, строения и назначения.

Секция 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ, СРЕДСТВ ИНДИКАЦИИ И ХИМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ, СОЗДАНИЕ ПРОДУКТОВОЙ И ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

УДК 66.074.332

Н. В. Постернак, С. И. Симаненков, В. Н. Шубина, С. Н. Ерохин

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА

Физико-химическая система регенерации воздуха для длительных пилотируемых космических полётов предусматривает получение кислорода из двуокиси углерода. Для этого двуокись углерода должна быть извлечена из атмосферы объекта и сконцентрирована примерно до 95...98%.

Проведённый анализ патентной и научно-технической литературы позволяет утверждать, что к началу 90-х годов прошлого столетия в США, Японии, ФРГ разработаны весьма эффективные способ и устройство очистки воздуха от двуокиси углерода с получением её в концентрированном виде с помощью твёрдых аминосмол, регенерируемых водяным паром. Патентов или авторских свидетельств о применении в подобного рода установках помимо аминосмол других сорбентов, например, минеральных, не обнаружено. Сравнительный анализ способов концентрирования диоксида углерода показывает, что в настоящее время наибольший интерес представляют концентраторы с паровой регенерацией аминосмол и гидроксида циркония, так как имеют наименьшие удельные энергозатраты на концентрирование CO_2 . В качестве поглотителя, регенерируемого водяным паром, предложен гранулированный поглотитель CO_2 на основе гидратированной двуокиси циркония, стабилизированной солями цинка (ПРЦ-Ц).

Предложена система очистки атмосферы замкнутого гермообъёма от двуокиси углерода и продуцирования её с концентрацией не менее 98%, основанная на использовании твёрдого поглотителя, регенерируемого водяным паром при атмосферном давлении. Показано, что

система концентрирования диоксида углерода с паровой регенерацией сорбента может быть реализована с удельными энергозатратами, не превышающими 12 Вт/л диоксида углерода, что превосходит другие способы регенерации, требующие больших энергозатрат. Разработаны технологические схемы систем с независимой работой адсорберов и системы с регенерацией тепла. Исследована динамика сорбции и десорбции диоксида углерода поглотителем ПРЦ-Ц. Экспериментально подтверждено продуцирование диоксида углерода с концентрацией более 98% при исходных концентрациях 0,3% и 0,5%. Достигнутые при испытаниях макета удельные затраты энергии на получение концентрированной CO_2 составляют 8,6...10,8 Вт/нл – без регенерации тепла и 7,4...8,5 Вт/нл – с регенерацией тепла.

Экспериментально установлено, что скорость подачи пара при десорбции практически не влияет на общее количество выделившегося CO_2 . С учётом минимизации энергозатрат и при сохранении высокой производительности концентратора время десорбции должно составлять от 15 до 25 минут.

Предложены одноадсорберная и трёхадсорберная схемы концентрирования диоксида углерода, для которых рассчитаны технические характеристики. Трёхадсорберная схема концентрирования обеспечивает для поглотителя оптимальное соотношение длительности сорбции, регенерации тепла и десорбции.

УДК 614.8

**Р. В. Дорохов¹, М. Ю. Плотников^{1,2}, С. И. Дворецкий²,
М. Н. Краснянский², В. Е. Галыгин², В. П. Таров²**

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА ИНДИВИДУАЛЬНОГО И КОЛЛЕКТИВНОГО ТИПА НА ОСНОВЕ НОВОГО РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПРОДУКТА НА ПОРИСТОЙ МАТРИЦЕ

Эффективная защита человека при воздействии неблагоприятных факторов химической и биологической природы осуществляется с использованием комплекса технических средств, включающий средства индивидуальной и коллективной изолирующей защиты органов дыхания человека, химическую основу которых составляют надпероксиды щелочных металлов. Эти вещества выступают в качестве источника химически связанного кислорода и поглотителя диоксида углерода.

В ОАО «Корпорация «Росхимзащита» разработан регенеративный продукт на основе надпероксида калия, который представляет собой кристаллы, закреплённые на стекловолокне, которое выполняет роль матрицы. Такое решение обусловлено улучшением качественных характеристик регенеративного продукта. По результатам испытаний отмечена высокая активность к поглощению диоксида углерода и выделению кислорода, при этом в процессе регенерации воздуха не было выявлено изменения геометрии регенеративного продукта, обусловленное оплавлением и спеканием последнего.

На основе данного регенеративного продукта в ОАО «Корпорация «Росхимзащита» разработаны перспективные средства защиты органов дыхания человека как индивидуального, так и коллективного типа.

Для индивидуального использования в целях защиты органов дыхания и зрения пользователя в чрезвычайных ситуациях, связанных с изменением газового состава атмосферы, в том числе при пожарах, разработан самоспасатель экстренной защиты СЭЗ. При разработке конструкции особое внимание уделено снижению массогабаритных характеристик изделия. Малый вес обеспечен использованием полимерных материалов стойких к высоким температурам и обладающих химической стойкостью.

При авариях, связанных с изменением газового состава атмосферы, возможна защита людей с использованием любых условно герметичных помещений (современные офисы и квартиры, оборудованные окнами со стеклопакетами, оборудованные подвалы, а также убежища гражданской обороны и т.п.). Жизнеобеспечение людей в таких помещениях требует регенерации воздуха. Для этих целей создан блок химической регенерации воздуха БХРВ – инновационная разработка, не имеющая аналогов в мире.

БХРВ выполнен, как и СЭЗ, с преимущественным использованием в конструкции полимерных материалов, что обеспечивает минимальную массу. Блок химической регенерации воздуха в рабочем положении представляет собой полый патрон, сформированный из фторопластовой плёнки. Внутри патрона размещены ленты с пластинами регенеративного продукта так, чтобы последние находились в потоке регенерируемой ГВС. Высокая эффективность работы обеспечивается за счёт разовой активной поверхности регенеративного продукта.

Полученные результаты в ходе испытаний самоспасателя СЭЗ и блока химической регенерации воздуха показали, что новый регенеративный продукт имеет перспективы для дальнейшего использования в новых разработках перспективных средств защиты органов дыхания человека.

Н. Н. Матвиенко¹, С. В. Гвоздев¹, С. П. Чеботарев²

¹«НПК Пожхимзащита», г. Москва;

²Ассоциация «Союз 01», г. Москва

ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

По статистическим данным примерно 75% случаев гибели и травмирования людей на пожарах происходит по причине отравления продуктами горения. В Федеральном законе № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» установлены способы обеспечения пожарной безопасности людей, одним из которых является использование средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Использование СИЗ для обеспечения безопасной эвакуации граждан из задымлённых помещений во время пожара – мероприятие относительно новое, активное развитие этого направления началось фактически с 2000-х годов. Как и во всяком развивающемся направлении здесь существует ряд нерешённых проблем теоретического и практического характера.

Производство технических средств для обеспечения пожарной безопасности и их успешное функционирование прямо зависит от соответствующей нормативной базы. Технические регламенты, стандарты, своды правил и другие подобные документы являются практическим руководством для разработчиков, производителей, органов по сертификации, поставщиков и потребителей продукции.

В отношении СИЗ, используемых при пожарах, основными проблемами в области их нормативной базы являются:

1. Отсутствие полной системы требований. Потребителей противопожарных средств индивидуальной защиты условно можно разделить на четыре категории: профессиональные пожарные; личный состав добровольных пожарных формирований; волонтеры, привлекаемые для тушения природных пожаров; граждане, которым должна обеспечиваться возможность безопасной эвакуации при пожаре. В таблице представлены данные о наличии нормативных документов в области средств защиты, обеспечивающих пожарную безопасность, для указанных категорий потребителей.

У профессиональных пожарных существует сложившаяся и многими годами отработанная система требований, как к техническим характеристикам изделий, так и к нормам обеспечения.

Наличие требований к индивидуальным средствам защиты для обеспечения пожарной безопасности

Категория потребителей	Технические и эксплуатационные требования		Нормы оснащения и обеспечения	
	СИЗОД	Другая экипировка	СИЗОД	Другая экипировка
Профессиональные пожарные и спасатели	+	+	+	+
Личный состав добровольных пожарных формирований	-	-	-	-
Волонтёры, привлекаемые для тушения природных пожаров	-	-	-	-
Население (взрослые и дети от 12 лет)	+	-	-	-
Дети младшего школьного возраста (от 6 до 12 лет)	-	-	-	-
Дети дошкольного возраста (от 1,5 до 6 лет)	-	-	-	-
Дети грудничкового возраста (до 1,5 лет)	-	-	-	-

С нормативными документами по средствам защиты личного состава добровольных пожарных формирований дела обстоят хуже, здесь пока нет практически ничего. Добровольцам предписано использовать боевую экипировку пожарных. Такое предписание даётся скорее в силу вынужденных обстоятельств, поскольку ничего другого предложить пока невозможно. При этом есть понимание, что далеко не все предметы экипировки профессионалов могут использоваться добровольцами, в частности, изолирующие дыхательные аппараты на сжатом воздухе.

С волонтёрами, привлекаемыми для тушения природных пожаров, ситуация примерно такая же, как и с добровольцами. Здесь есть понимание, что посылать людей тушить лес без всяких средств защиты неправильно. Но дальше этого понимания дело сильно не сдвинулось. Нормативных документов для изделий этой категории пока нет.

В результате складывается ситуация, когда производители средств защиты могут предлагать свои варианты специальных изделий для добровольцев или волонтеров, однако большинство потребителей не имеют возможности тратить деньги на эти средства, которые официально не прописаны в государственных документах. Такая ситуация сегодня является парадоксальной: разработка самих СИЗ запланирована в федеральной целевой программе, а о создании нормативной базы для них пока не упоминается нигде.

Что касается граждан, которым должна обеспечиваться возможность безопасной эвакуации при пожаре, то здесь ситуация не из лучших. Есть требования к изделиям для взрослых и детей от 12 лет.

С другой стороны, имеется решение Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности в учебных заведениях (протокол № 5 от 17.08.2007 г.), в соответствии с которым учебные заведения должны оснащаться, в том числе индивидуальными средствами фильтрующего действия для защиты органов дыхания. Как выполнить такое решение применительно к школам? Если фильтрующие самоспасатели, которые сегодня сертифицированы и выпускаются, предназначены для людей от 12 лет и старше, то применять такие изделия при пожаре для детей до 12 лет юридически неправомерно. Следовательно, для школьников с 1 по 5 класс включительно, узаконенных СИЗ для эвакуации при пожаре, в стране вообще не существует. Такое же положение дел сложилось и в области СИЗ для детей дошкольного и грудничкового возраста.

2. Отсутствие нормативных документов, устанавливающих нормы и порядок обеспечения зданий и сооружений СИЗ. В статьях 47, 52, 55, 123 Федерального закона от № 123-ФЗ дана классификация средств индивидуальной защиты граждан при пожаре, указана необходимость их применения, определены общие требования к этим изделиям. Технические требования к СИЗ установлены в соответствующих стандартах. Принятие этих документов определило единые требования, условия разработки и производства изделий уже не на уровне отдельных отраслевых документов, а на уровне единого для всех государственного закона.

Для обеспечения защиты населения этих документов далеко недостаточно. Закон установил, что СИЗ должны быть и какими они должны быть, но механизм реализации положений закона в части обеспечения организаций средствами защиты практически отсутствует.

Не секрет, что СИЗ не рассматриваются организациями и гражданами в качестве предметов первой необходимости, об этом красноречиво свидетельствует сегодняшняя ёмкость рынка наиболее распространенных изделий – фильтрующих и изолирующих самоспасателей.

В год их продаётся порядка 300 тыс. шт. С учётом пятилетнего срока хранения у потребителей находится примерно 1,5 млн. самоспасателей. Цифра вряд ли достаточная для обеспечения пожарной безопасности граждан даже для Москвы, не говоря уже о всей России.

Не вызывает сомнения необходимость принятия нормативного документа, регламентирующего вопросы обеспечения организаций СИЗ и являющегося основой для создания механизма претворения в жизнь положений государственного законодательства. Таким документом мог и должен был стать Свод правил «Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре. Нормы и правила размещения и применения», проект которого представлялся одновременно с другими подзаконными актами при разработке Федерального закона № 123-ФЗ. Однако этот документ по ряду причин объективного и субъективного характера до сих пор не принят.

3. Разрушение российской системы требований к эвакуационным СИЗ при разработке технических регламентов Таможенного союза (ТР ТС). Усилиями многих российских организаций к 2009 году была создана единая система требований к средствам обеспечения пожарной безопасности, которая нашла отражение в Федеральном законе № 123-ФЗ. С момента вступления закона в действие прошло 4 года, срок этот хотя и небольшой, но уже можно подвести некоторые итоги положительного влияния действующих в РФ нормативных документов на развитие системы средств защиты для обеспечения пожарной безопасности. С 2009 по 2012 годы количество производителей фильтрующих самоспасателей увеличилось в 2 раза, а количество образцов, сертифицированных в системе пожарной безопасности, – в 3 раза. Такое интенсивное развитие давало надежду на полноценное участие мероприятий по использованию средств защиты в выполнении требований российского законодательства о снижении индивидуальных рисков при пожарах.

При разработке ТР ТС осуществляются попытки снова раздробить единую систему и разнести требования по разным документам, при этом нарушаются интересы потребителей, разработчиков и производителей СИЗ.

С июня 2012 года вступил в действие ТР ТС 019/2011 «О безопасности СИЗ», в котором установлены требования к самоспасателям, используемым при пожарах, отличные от требований российского законодательства. Случилось так, что к показателям качества одного и того же изделия в разных нормативных документах установлены требования, различающиеся в десятки раз.

Сложившееся положение обусловлено разными подходами к нормированию показателей качества СИЗ:

1) установление таких показателей, чтобы СИЗ можно было использовать на любом объекте. В этом случае защитные свойства устанавливаются на максимальном уровне. Так сделано в ФЗ № 123, где указано, что СИЗ должны обеспечивать эвакуацию с высотных уровней зданий. Очевидно, что такие изделия способны обеспечить защиту в любых других зданиях и сооружениях;

2) установление отдельных требований к изделиям низкой, средней и высокой эффективности (ТР ТС 019/2011).

Каждый из этих подходов имеет свои плюсы и минусы. Но сегодня очевидным и неоспоримым является факт, что второй подход не может быть реализован на практике до тех пор, пока не будет определён официальный механизм деления объектов на низкую, среднюю и высокую категорию опасности по продуктам горения. Пока такой механизм не установлен, очень высок риск обеспечения высокоопасных объектов изделиями низкой эффективности, не обеспечивающими защиту.

4. *Нарушение интересов потребителей, разработчиков и производителей СИЗ при гармонизации российских стандартов с международными.* В соответствии с «Концепцией гармонизации российских и международных нормативных документов в области пожарной безопасности» (Протокол заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности от 18 июня 2013 г. № 4) при гармонизации должна обеспечиваться преемственность с российскими нормативными документами, должны учитываться климатические, технические и технологические особенности России. Однако уже предпринимаются попытки гармонизировать стандарты методом аутентичного перевода без учёта особенностей и интересов России.

Совершенствование нормативной базы в области СИЗ для защиты людей при пожарах, направленное на решение перечисленных проблем, требует объединённых усилий государственных и общественных организаций. На сегодняшний день сложилось положение, когда основная работа по совершенствованию действующих и разработке новых нормативных документов возлагается на производителей продукции. Очевидно, что отдельным, даже крупным компаниям, такая работа может оказаться не под силу, а то и вовсе невыполнимой по причине конкуренции.

Наиболее правильным и плодотворным выходом из создавшегося положения является объединение усилий всех заинтересованных сторон в рамках общественных организаций. Сегодня такое объединение существует в виде секции средств защиты Ассоциации производителей пожарно-спасательной продукции и услуг «Союз 01». Совершенствование нормативной базы средств обеспечения пожарной безопас-

ности Ассоциация рассматривает как одно из приоритетных направлений своей деятельности.

Специалистами секции СИЗ совместно с добровольными народными дружинами МЧС РФ и ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ подготовлен проект свода правил «Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре. Нормы и правила размещения и применения», подготовлены материалы для включения в стандарт на самоспасатели для детей от 6 до 12 лет, в инициативном порядке разрабатываются стандарты на самоспасатели для детей дошкольного и грудничкового возраста, по которым даны предложения для включения в план работы ТК 274 на 2014 год. Эксперты Ассоциации ведут активную работу по отстаиванию интересов российских разработчиков и производителей СИЗ при подготовке технического регламента Таможенного союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения», а также при гармонизации российских и международных стандартов.

Совершенствование нормативной базы СИЗ для защиты людей при пожарах невозможно без решения ряда научно-прикладных задач, требующих совместного участия специалистов государственной пожарной службы (ГПС), разработчиков и производителей СИЗ. К числу таких задач, ранее не свойственных разработчикам СИЗ, относятся:

- 1) разработка методов оценки эффективности использования СИЗ при эвакуации на пожарах с точки зрения влияния мероприятия на величину индивидуального пожарного риска. Существующие сегодня методы не позволяют полноценно оценивать влияние СИЗ на процесс эвакуации. При оценке риска сейчас нормируются такие показатели как концентрации кислорода, углекислого газа, хлористого водорода и нарушение видимости в дыму. Это означает, что основные свойства, определяющие влияние СИЗ на эвакуацию, а именно: защитные свойства от аэрозолей, от веществ раздражающего действия, снижение дозовых нагрузок, увеличение допустимых величин воздействия термических факторов – всё это никак не учитывается. Если СИЗ не улучшает видимость в дыму, то это совсем не означает, что оно неэффективно. Предотвращение спазма лёгких от вдыхания дыма и защита от ожогов верхних дыхательных путей – это прямое предотвращение гибели или травмирования людей;

- 2) уточнение требований к показателям качества СИЗ на основе расчётов по оценке эффективности их использования;

- 3) разработка методов установления норм обеспечения зданий и сооружений СИЗ с учётом их использования в комплексе мероприятий по обеспечению пожарной безопасности;

- 4) обоснование общих рекомендаций по рациональному размещению СИЗ в зданиях и сооружениях различного назначения;

5) создание учебно-тренировочных комплексов для подготовки специалистов ГПС, ведомственных добровольных пожарных обществ, ведомств и организаций по вопросам оснащения, размещения и использования СИЗ на типовых объектах различного назначения;

6) разработка рекомендаций и методических материалов по проведению учений, занятий и тренировок с использованием СИЗ в общем комплексе мероприятий противопожарной безопасности.

Отдельной важной задачей является пропаганда технических средств обеспечения ПБ среди населения. Гражданин на территории своего жилища сам себе законодатель, поэтому обязать его закупать средства обеспечения пожарной безопасности не представляется возможным. Можно только убедить.

Остаётся один путь – просвещение и пропаганда. Эффективная пропаганда средств обеспечения пожарной безопасности среди граждан вряд ли под силу отдельным организациям, тем более что речь идёт не только о средствах индивидуальной защиты, но и о целом комплексе изделий: первичных средствах пожаротушения, аварийно-спасательном оборудовании, пожарных извещателях, системах автоматической пожарной защиты и т.д. Всё это можно и нужно пропагандировать в комплексе, аргументированно убеждая гражданина оснастить свою квартиру или загородный дом необходимыми средствами пожарной безопасности.

УДК 661.183.1

А. Г. Павлова, А. А. Телегин, А. В. Юргин

ОАО «РКК «Энергия» им. С. П. Королёва», г. Королёв Московской обл.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРА
ОЧИСТКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОКСИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ АТМОСФЕРЫ КОСМИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ
С ТОКСИЧНЫМ КОМПОНЕНТОМ**

В настоящее время качество воздуха атмосферы международной космической станции (МКС), пригодной для дыхания экипажа, поддерживается несколькими присутствующими на борту системами очистки воздуха от примесей. Основными являются российская СБМП и американская ТССС. Эти системы обеспечивают необходимое качество атмосферы при штатном режиме работы всех систем МКС.

Вредные примеси в атмосферу станции могут поступать из постоянных источников и в результате эпизодических, или нештатных выбросов.

Постоянными источниками вредных примесей являются газы-деления неметаллических материалов, поступающие с атмосферой грузовых и транспортных кораблей, стыкуемых к станции; газы-деления от доставляемого оборудования и газы-деления от оборудования, постоянно присутствующего на станции. Среди постоянных источников загрязнения воздушной среды пилотируемых космических станций присутствуют и продукты метаболизма человека: двуокись углерода, метан, окись углерода, спирты, аммиак, углеводороды. Помимо постоянных источников существуют эпизодические (нештатные) выбросы вредных примесей в атмосферу гермообъёмов.

Наиболее потенциально опасной возможностью эпизодического выброса вредных примесей в воздушную среду орбитальной станции может быть выход химических соединений, используемых в качестве рабочих тел систем. К примеру, рабочим телом системы терморегулирования американского сегмента (СОТР АС) МКС является аммиак, вещество токсичного действия, с сильным запахом, который ощущается человеком при самых малых концентрациях. Аммиака в контурах СОТР АС МКС находится 300 кг.

Наступление нештатной ситуации, связанной с выходом аммиака, потенциально возможна в силу некоторых технических причин, связанных с особенностями конструкции СОТР АС МКС. Прорыв может образоваться со временем от коррозии контура СОТР (толщина стенки теплообменника 0,2 мм) или по причине замерзания контура на теневых орбитах станции. В случае образования прорыва (отверстия) в контуре СОТР АС МКС в гермообъект будет непрерывно поступать аммиак из внешнего контура СОТР АС МКС.

Наиболее надёжным было бы создать в этом случае такую зону для экипажа, в которой он мог бы безопасно находиться определённое время и ожидать принятия решения о дальнейших действиях, в том числе и решения о возврате на Землю. Условно можно назвать эту зону «Чистой зоной». Её создание возможно в корабле «Союз».

Специалистами ОАО «РКК «Энергия» им. С. П. Королёва» разработано несколько способов создания «чистой зоны». Среди них: пере-давливание загрязнённой атмосферы из корабля «Союз» в МКС с помощью блока, содержащего чистый сжатый воздух. Блок заносится на корабль, в случае нештатной ситуации, на нём открывается клапан, и в кабину начинает поступать чистый воздух, а загрязнённый воздух выходит через создаваемую между люком корабля и станции щель.

Другой способ – применение агрегата фильтра очистки атмосферы (А-2) с аммиачным фильтром для очистки атмосферы корабля. В данной статье приведено экспериментальное исследование сорбентов аммиака для использования в агрегате фильтра очистки атмосферы в корабле «Союз» для создания «чистой зоны».

1. Время снижения концентрации аммиака при различных его концентрациях

Концентрация	Заданное время снижения
7...0,78 мг/дм ³ (10 000...1200 ppm)	20 мин
0,78...0,07 мг/дм ³ (1200...100 ppm)	8 ч
0,07...0,014 мг/дм ³ (100...20 ppm)	24 ч

Для разработки поглотителя были выданы технические требования, разработанные специалистами ОАО «РКК «Энергия» им. С. П. Королёва совместно со специалистами НАСА, которые предусматривают концентрации, до которых необходимо очищать атмосферу корабля за определённые промежутки времени после выброса аммиака. Были выданы три диапазона концентраций и время снижения (табл. 1).

Время снижения концентраций задавалось исходя из проектных соображений. Его должно быть достаточно для штатной отстыковки корабля с экипажем и приземления в заданную точку территории РФ, а не в любую точку Земли, где условия могут быть совершенно непредсказуемыми, и спуск может быть небезопасным.

Характеристика поглотителей. Испытания по подбору поглотителя проводились в ОАО «ЭНПО «Неорганика». По данным ОАО ЭНПО «Неорганика» для испытаний выбраны поглотители: купрамит, катализаторы на основе активных углей, спецпоглотители, гопкалит при различных параметрах (длина слоя, удельная скорость потока, зернение и др.). Купрамит обладает достаточно высокой динамической активностью по аммиаку [1].

На основе активных углей изготавливались и испытывались купрамиты с различным содержанием меди. Установлено, что ёмкость купрамитов резко падает с понижением концентрации аммиака.

Наиболее активные по аммиаку купрамиты получены на активных углях сернисто-калиевой активации СКТ, которые обладают большим объёмом микропор.

Испытывались так же образцы с высокой микропористостью, такие как активный уголь МЕКС, на основе которого был разработан поглотитель аммиака ХПА-МЕКС. И другой активный уголь ВСК-400. На основе этого угля разработан купрамит ВСК-400 (-1, -2). Проведённые ранее испытания по аммиаку при малых концентрациях показали, что их динамическая активность превосходит данный показатель для купрамита на основе активных углей типа СКТ.

Экспериментальные исследования по выбору поглотителя. Испытания поглотителя проводились в ОАО «ЭНПО «Неорганика» в динамических трубках на специальной установке в трёх диапазонах концентраций в соответствии с выданным заданием.

Динамическая активность поглотителя рассчитывалась по формуле

$$A = \frac{C\tau g}{LS}, \text{ г/дм}^3,$$

где C – начальная концентрация аммиака мг/дм^3 ; τ – время достижения за слоем хемоадсорбента концентрации, равной ПДК, мин; g – объёмный расход паровоздушной смеси $\text{дм}^3/\text{мин}$; L – длина слоя хемоадсорбента, см; S – сечение динамической трубки, см^2 .

Результаты испытаний. Основные результаты испытаний приведены в табл. 2. Из полученных ОАО «ЭНПО «Неорганика» данных следует, что максимальной поглотительной способностью по аммиаку (динамическая активность) при начальной концентрации 7 мг/дм^3 обладают купрамит на СКТ 2А и хемоадсорбент ХПА-МЕКС и составляет при проскоке (концентрация за слоем хемоадсорбента $0,02 \text{ мг/дм}^3$), соответственно, $30,6 \text{ г/дм}^3$ и $26,9 \text{ г/дм}^3$. Купрамит ВСК-400-2 имеет динамическую активность 23 г/дм^3 .

При исходной концентрации $C_0 = 0,75 \text{ мг/дм}^3$ динамическая активность купрамитов на СКТ 2А и ВСК-400-1 становятся близкими по величинам и составляют соответственно 38 и 35 г/дм^3 .

Сопrotивление воздушному потоку, исследованных купрамитов составляет от 53 до 55 мм вод.ст. , за исключением купрамита ВСК-400 и ХПА-МЕКС, которые имеют большее значение. Сравнительные характеристики представлены в табл. 2. В реальном фильтре за счёт элементов конструкции это сопротивление возрастёт.

Таким образом, хемоадсорбенты в исследуемом интервале концентраций аммиака от $7,5 \text{ мг/дм}^3$ до $0,7 \text{ мг/дм}^3$ обладают сравнительно высокой динамической активностью от 20 г/дм^3 до 35 г/дм^3 , в некоторой степени зависящей от начальной концентрации.

Данные, полученные при испытании купрамита ВСК-400-1 при малых концентрациях аммиака (порядка $0,07 \text{ мг/дм}^3$), показали, что время до проскока $0,014 \text{ мг/дм}^3$ составляет более 3000 мин, динамическая активность при этом около 5 г/дм^3 .

В результате проведённых исследований и анализа требований ТЗ ОАО «ЭНПО «Неорганика» выбран оптимальный из испытанных образец купрамита на основе активного угля марки ВСК-400 с массовой долей меди в пересчёте на серноокислую медь от 5 до 10% [1].

2. Результаты испытания поглотителей на адсорбционную способность по аммиаку

Испытываемые образцы	Начальная концентрация аммиака, мг/дм ³	Концентрация аммиака за слоем хемоадсорбента, мг/дм ³	Сопротивление воздушному потоку испытываемых образцов, мм вод.ст.	Время появления за слоем хемоадсорбента указанных концентраций аммиака, мин	Динамическая активность, г/дм ³
Купрамит на СКТ 2А	7,40	0,020	55	36	30,6
ХПА-МЕКС	7,00	0,020	92	33	26,9
Купрамит ВСК-400	7,00	0,020	55	11	8,8
Купрамит ВСК-400-1	7,75	0,020	53	22	20,0
Купрамит ВСК-400-2	7,35	0,020	77	27	23,0
Купрамит на СКТ 2А	3,20	0,020	55	65	24,0
Купрамит на СКТ 2А	0,75	0,020	55	440	38,0
Купрамит ВСК-400-1	0,74	0,020	53	410	35,0
Купрамит ВСК-400-1	0,07	0,014	53	3020	4,9
Купрамит ВСК-400-1	0,07	0,020	53	3120	7,2

В соответствии с проведённым расчётом при использовании аммиачного фильтра с АФОТ (А-2) время очистки атмосферы «Союза» от аммиака составит:

- при очистке от 10 000 ppm до 1200 ppm – 19...22 мин (по рабочему заданию – 20 мин);
- при очистке от 10 000 ppm до 100 ppm – 41...49 мин (по рабочему заданию – 8 ч);
- при очистке от 10 000 ppm до 20 ppm – 55...66 мин (по рабочему заданию – 24 ч).

Результаты обработки результатов испытаний поглотителей.

Построенная по экспериментальным данным кривая проскоков аммиака за слоями купрамитов в зависимости от времени при всех начальных концентрациях аммиака показана на рис. 1, на котором справа от этой кривой – область, где за слоем купрамита будут проскоки аммиака; слева – зона, где купрамит поглощает аммиак без проскоков, снижая концентрацию аммиака в объёме «Союза».

На этом же рисунке показана расчётная кривая снижения концентрации аммиака от 10 000 ppm до 20 ppm – вся эта кривая попадает в левую зону – снижение концентрации аммиака происходит без проскока за слоем купрамита.

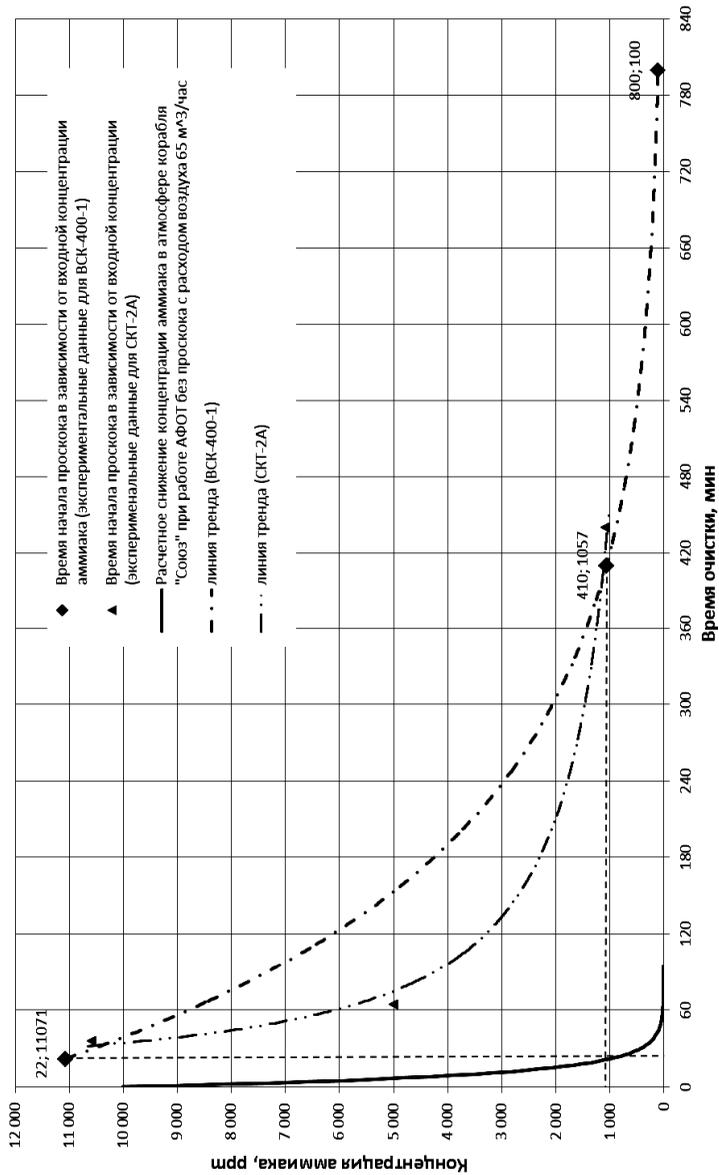


Рис. 1. Начало проскока в зависимости от входной концентрации аммиака

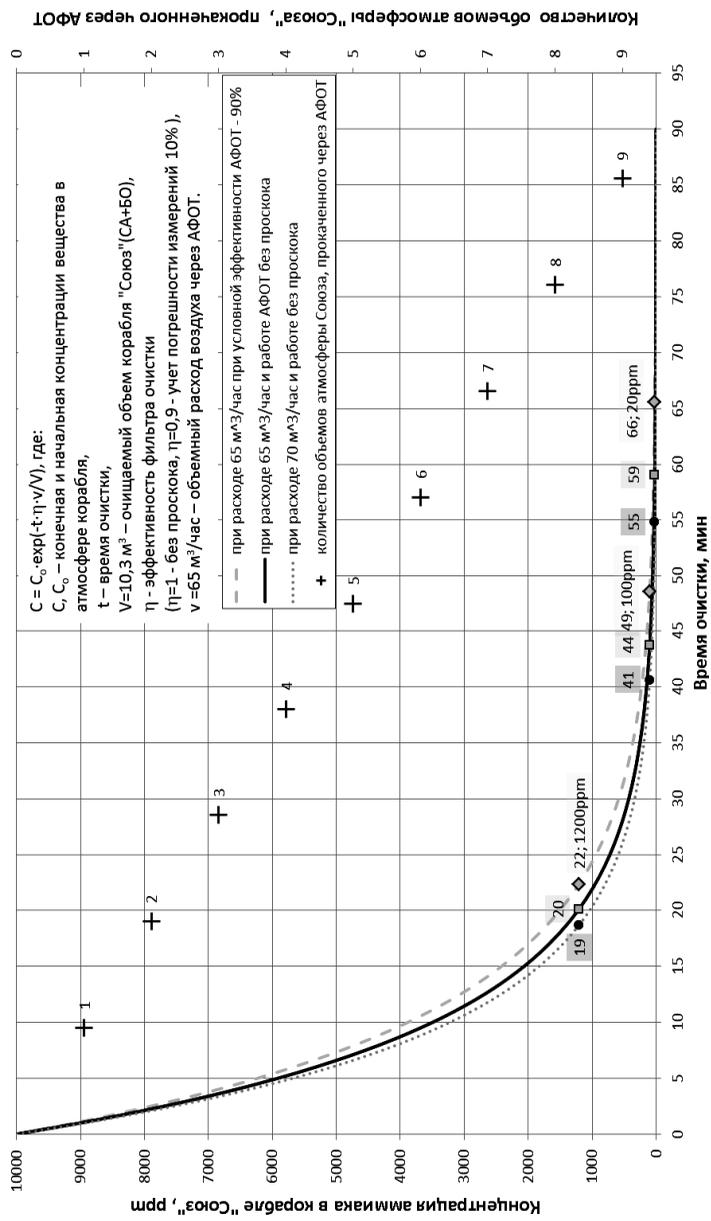


Рис. 2. Очистка атмосферы корабля «Союз» АФОТ с аммиачным фильтром

На основании проведённого анализа, указанный расчёт кривой снижения концентрации аммиака проведён без учёта проскока аммиака при очистке атмосферы «Союза» от 10 000 ppm до 20 ppm.

На рисунке 2 представлена основная расчётная кривая снижения концентрации аммиака от 10 000 ppm до 20 ppm при расходе газовой смеси (ГВС) 65 м³/ч (та же, что на рис. 1, но в другом масштабе), а также кривая с увеличением расхода ГВС до 70 м³/ч. Ориентировочно, увеличение может произойти вследствие ожидаемого роста расхода воздуха через фильтр в результате того, что исследуемый аммиачный фильтр имеет меньшее сопротивление, чем фильтр термо-деструкции (ФТД), штатно устанавливаемый в агрегате фильтра очистки термодеструкцией (АФОТ). Представлена и кривая с уменьшением эффективности работы фильтра на 10%. Уменьшение соответствует снижению расхода на 10% или проскоку 10% вследствие проскока аммиака на больших концентрациях через фильтр, что могло быть не учтено в связи с погрешностью измерений. Ожидается, что данные по полноразмерному фильтру уложатся в диапазон между увеличенным и уменьшенным расходом воздуха через фильтр. Теоретические расчёты будут уточнены при наземных полноразмерных испытаниях в ОАО «ЭНПО «Неорганика».

ВЫВОДЫ

1. В результате проведённых исследований и анализа требований выбран образец купрамита на основе активного угля марки ВСК-400-1 для применения в агрегате АФОТ для очистки атмосферы корабля «Союз» от аммиака.

2. Проведённая обработка данных применительно к объёму корабля «Союз» (10,3 м³) и расходу воздуха через фильтр (65 м³/ч) показала, что при очистке данный купрамит не допускает проскока аммиака за слоем поглотителя при заданных граничных концентрациях.

3. Требования рабочего задания по времени очистки атмосферы применительно к объёму «Союза» по второму и третьему диапазонам выполнены со значительным перевыполнением. Ожидается, что в связи с предполагаемым увеличением расхода не менее, чем на 10% при работе на полноразмерном фильтре, это требование по первому диапазону также будет выполнено с запасом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Макляев, В. П.** Отчёт о составной части ОКР «Разработка фильтра для поглощения аммиака для агрегата А-2 на основе фильтра ФТД» / В. П. Макляев ; ОАО ЭНПО «Неорганика». – Электросталь, 2013.

РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОСМОСЕ

В настоящее время развитие науки неразрывно связано с освоением космоса. Исследования, проводимые на борту международной космической станции, позволят ступить человеку на одну из наших ближайших планет – Марс. Однако нельзя исключать возможность возникновения внештатной ситуации, как на борту космической станции, так и кораблей-челноков, сопровождающейся возникновением непригодной для дыхания атмосферы. Такие случаи не единичны. Для предотвращения развития и устранения аварии в атмосфере, непригодной для дыхания на космической станции перед ФГУП «ТамбовНИХИ» (в настоящее время ОАО «Корпорация «Росхимзащита»), поставлена задача разработки средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения людей.

В условиях пожара и полном отсутствии кислорода, когда невозможно использовать фильтрующие средства защиты, было принято решение разработать изолирующее средство защиты органов дыхания. Результатом работы стал изолирующий прибор космический ИПК-1. Время защитного действия прибора составляло 40 мин. Лицо пользователя защищала резиновая маска, которая обеспечивала также ведение переговоров. Очистка воздушной смеси от диоксида углерода и обогащение её кислородом осуществлялась в регенеративном патроне. Масса прибора составила 2,6 кг.

В ходе использования прибора ИПК-1 выявился ряд недостатков: отсутствие защиты волос, высокая средняя объёмная доля диоксида углерода во вдыхаемой смеси, большая масса. С целью ликвидации озвученных недостатков на смену прибору ИПК-1 ФГУП «ТамбовНИХИ» разработан прибор ИПК-1М, который получил вместо маски капюшон, защищающий как лицо, так и волосы; масса снизилась на 0,7 кг, также снижены средняя объёмная доля диоксида углерода и температура вдыхаемой смеси. ИПК-1М сохранил работоспособность под действием перегрузок и в невесомости.

Прибор ИПК-1М предназначен для защиты органов дыхания и зрения экипажей космических кораблей в случае аварийной ситуации. Однако, при эвакуации с космической станции, когда ликвидация аварии не представляется возможной, необходимо не только перейти в другой отсек, но и надеть скафандр в атмосфере, непригодной для

дыхания. Надеть скафандр, находясь в приборе ИПК-1М, крайне затруднительно. Поэтому перед ОАО «Корпорация «Росхимзащита» была поставлена задача – доработать конструкцию прибора ИПК-1М для возможности кратковременного его снятия в аварийной ситуации при использовании скафандра «Сокол КВ-2» с последующим продолжением применения прибора. В ходе доработки существенно изменена конструкция прибора ИПК-1М. Металлический теплоизоляционный экран заменён на теплоизолятор из мягких материалов; изменена конструкция теплообменного элемента, снижающего температуру вдыхаемой смеси; конструкция капюшона изменена в части упрощения его надевания и улучшения прилегания полумаски; увеличено поле зрения и снижена температура вдыхаемой смеси. Масса прибора ИПК-1М сохранилась на том же уровне.

В настоящее время международная космическая станция штатно оснащена приборами ИПК-1М. Подготовка космонавтов к работе на орбите, в частности при отработке действий в аварийной ситуации, проводится с использованием комплекта тренажёров ИПК-1МТ.

УДК 614.7/8

С. В. Гудков, С. Ю. Алексеев

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

**АППАРАТНО-ТРЕНАЖЁРНЫЙ КОМПЛЕКС –
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ
ОБУЧЕНИЯ ПРАВИЛАМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ**

Повысить качество обучения и, как следствие, самоспасения людей, можно при использовании стенда, имитирующего работу индивидуального дыхательного аппарата, где человек ощущает на себе воздействие ряда физических и психологических факторов, характерных для рассматриваемой аварийной ситуации.

Тренажёр состоит из имитатора дыхательного аппарата, работе с которым обучается пользователь, системы подготовки газовой смеси для вдоха и системы обработки данных и управления. Все конструктивные элементы макета, с которыми визуально или осязательно может контактировать пользователь, идентичны конструктивным элементам моделируемого аппарата. Внутренне конструкции макета и моделируемого аппарата различаются.

Имитатор дыхательного аппарата, в зависимости от действий тренирующегося, воспроизводит режимы и особенности работы

реального аппарата и внешне представляет собой копию реального дыхательного аппарата.

Во избежание причинения вреда здоровью обучаемого при его неверных действиях, параметры подготавливаемой тренажёром дыхательной смеси постоянно анализируются. В том случае, если действия обучаемого могут вызвать подачу на вдох дыхательной смеси с недопустимыми характеристиками, тренажёр соответственно подготавливает дыхательную смесь с предельными параметрами, исключающими причинение вреда здоровью. Дополнительно генерируется информация о том, что дальнейшее снижение качества дыхательной смеси невозможно и к каким последствиям оно может привести (удушьё, ожог дыхательных путей и т.д.).

Цикл работы тренажёра основывается на двух этапах работы в нём обучаемого – этапы вдоха и выдоха. На этапе выдоха осуществляется анализ состава, температуры и закона изменения во времени расхода газо-воздушной смеси. Далее выдыхаемая газо-воздушная смесь более не используется и удаляется в атмосферу. На основе полученных данных вычисляются количество, состав и температура газо-воздушной, подаваемой на вдох, а также управляющие воздействия для системы её подготовки.

На стадии вдоха осуществляется регистрация изменения расхода вдыхаемой газо-воздушной смеси во времени. Для выравнивания вычислительной нагрузки между стадиями вдоха и выдоха, программная система, управляющая работой тренажёра, организуются так, что часть функций, обрабатывающих параметры выдыхаемой газо-воздушной смеси, выполняются в течение времени вдоха.

УДК 614.89

П. Ю. Путин, С. В. Матвеев, В. А. Лаверов

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПУНКТОВ КОЛЛЕКТИВНОГО СПАСЕНИЯ ПЕРСОНАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Сохранение здоровья и жизни подземного персонала угольных шахт, обеспечение безопасности труда, снижение рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в шахтах – проблема, решение которой на сегодняшний день требует современного взгляда.

Оборудование шахт пунктами коллективного спасения и средствами защиты может снизить риск гибели шахтёров при возникновении аварий на шахтах и это подтверждает опыт их применения за рубежом.

Пункт коллективного спасания персонала (ПКСП) на время аварийной ситуации и её ликвидации должна обеспечивать:

- возможность переключения персонала в резервные самоспасатели и выхода на свежую струю воздуха;
- размещение и жизнеобеспечение рабочей смены при невозможности эвакуации из зоны аварии;
- защиту от внешних воздействий при авариях: выброс метана, взрыв, задымление атмосферы продуктами горения при пожаре, обрушение кровли.

Известны зарубежные шахтные убежища, представляющие собой палатку, либо пневмокаркасную конструкцию, монтаж которой производится вручную, либо с помощью баллонов со сжатым воздухом. Продувка внутреннего объёма, работа вентиляторов газоочистителя, подача пригодного для дыхания воздуха обеспечивается баллонами сжатого кислорода. Однако данная конструкция имеет существенные недостатки:

- большее время для разворачивания палатки в аварийной ситуации;
- неустойчивость к внешним воздействиям после разворачивания;
- требует постоянного мониторинга давления в баллонах и их периодической дозаправки.

Также известно жёсткокаркасное шахтное убежище, включающее в себя систему подачи кислорода, автономную систему очистки атмосферы от диоксида углерода и систему охлаждения. Очистка атмосферы от диоксида кислорода производится при помощи натровой извести. Системы продувки, подпора и подачи кислорода обеспечиваются баллонами сжатого воздуха, а в качестве системы охлаждения используются кондиционеры (сплит-системы). Данная конструкция имеет следующие существенные недостатки:

- использование баллонного оборудования для обеспечения укрываемого персонала кислородом для дыхания и снижения концентрации углекислого газа, которое требует постоянного мониторинга давления в баллонах и их периодической дозаправки;
- отсутствует система очистки воздуха от примесей, выделяющихся в процессе жизнедеятельности персонала и из неметаллических материалов внутри замкнутого объёма;
- энергозависимая система охлаждения.

Разрабатываемый ПКСП позволит существенно сократить время заполнения укрываемыми, очистить воздух ПКСП от вредных приме-

сей, выделяющихся из неметаллических материалов, снизить энергонагрузку ПКСП.

Сокращение времени заполнения ПКСП укываемыми и исключение заноса вредных примесей в обитаемый отсек при этом, может быть достигнуто за счёт разделения ПКСП на тамбур-шлюз, обитаемый и технический отсеки герметичными переборками со встроенными герметичными дверями. В тамбур-шлюзе установлена система защищённого входа, состоящая из предкамеры с полосовыми завесами на входе и выходе, и воздушными форсунками высокого давления, установленными на стенках предкамеры. Такое конструктивное решение позволит обеспечить быстрое заполнение ПКСП без заноса вредных примесей за счёт точно-направленного воздушного душа, обеспечивающего воздушную завесу форсунками перед входом в обитаемый отсек.

Очистка воздуха от вредных примесей, выделяющихся из неметаллических материалов, и поддержание требуемой концентрации кислорода возможна при использовании патронов регенеративных и фильтрующих, не требующих какого либо технического обслуживания.

Снижение энергонагрузки обеспечивается использованием энергонезависимой системы охлаждения, состоящей из водяного калорифера соединённого с помощью трубопровода с резервуаром с водой или внешним водоснабжением, откуда вода, проходя через калорифер, остужает воздух и самотёком удаляется за пределы ПКСП.

Применение рассмотренных систем, в основном, позволяют обеспечить выполнение требований, предъявляемых к ПКСП. Дополнительные требования к ПКСП сформируются при дальнейшей детальной проработке тактики применения ПКСП.

УДК 614.7./8 (083.74)

Н. Т. Димкович

ОАО «Тамбовмаш», г. Тамбов

О РАЗРАБОТКЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ НА СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

В наш политический беспокойный век, научно-технический бурно развивающийся век, век химических технологий и материалов возникла большая потребность в защите человека на производстве, в быту и при чрезвычайных ситуациях, в том числе при ведении военных действий в том или ином регионе.

Задачи по защите населения решались давно, решаются в настоящее время и, по-видимому, будут решаться в будущем с учётом реальных опасностей и угроз населению. По тем или иным причинам подходы к вопросам защиты населения от негативных факторов химической природы разные. Одна часть руководителей, ответственных за организацию защиты населения России, считает, что угрозы завышены и нечего особо пугать людей негативными химическими факторами и угрозой химического заражения; другая часть, наоборот, считает, что преступно не учитывать реальность химических угроз, так как за десятилетия изношено производственное оборудование, что не гарантирует безопасность химически опасных производств и складов химических продуктов. Также эта группа специалистов обращает внимание на террористические акты и другие негативные факторы нашей действительности.

В последние годы появилось веяние – работы, связанные с защитой человека как на производстве, так и при гражданской обороне (ГО) и чрезвычайных ситуациях (ЧС), свести в единую систему; при этом даже сделаны первые шаги.

Так, в декабре 2011 года принят технический регламент таможенного союза (ТР ТС) 019/2011, разработчики которого считают, что требования данного регламента должны распространяться как на систему стандартов безопасности труда (ССБТ), так и на системы безопасности в чрезвычайных ситуациях (БЧС), гражданской обороны (ГО), пожарной безопасности (ПБ). При этом разработчики ТР ТС 019/2011 совсем не учитывают, что в разработанном ими техническом регламенте определены минимальные требования к средствам индивидуальной защиты (СИЗ), а стратегия защиты населения в чрезвычайной ситуации мирного и особенно военного времени исходит из системы предъявления максимально возможных требований в интересах обеспечения гарантированной защиты населения. Основным различием системы ССБТ и БЧС является различие в системе используемых показателей. В ТР ТС 019/2011 отсутствуют требования критериальной оценки эффективности использования СИЗ и, в частности, средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). В результате отсутствует возможность оценки рисков и структуры ущерба, а эти показатели очень важны, особенно в военное время. Кстати ни в одной стране мира законодательно не объединены системы ССБТ, БЧС, ГО и ПБ. Ни одна инструкция Евросоюза не относится сразу к двум системам безопасности.

В связи с претензиями разработчиков ТР ТС 019/2011 на широкую область применения, выходящую за рамки ССБТ, уже привела к негативным последствиям, а именно:

1. Потребители СИЗ не могут однозначно принять решение, какие сертификаты соответствия требовать при заказах продукции и формирования конкурсной документации на продукцию двойного назначения (в частности гражданские противогазы) и требуют сертификацию в ССБТ и БЧС.

2. При разработке ТР по системе БЧС и ПО предлагаются требования к изделиям устанавливать в двух технических регламентах, что недопустимо.

3. В планах работ технических комитетов ТК-320 и ТК-274 по стандартизации включена разработка одинаковых гармонизированных стандартов, несмотря на то, что ТК-320 является непрофильным комитетом по пожарной безопасности.

4. Минпромторг России не согласовывает проект ТР ТС «Пожарная безопасность ...», и таких негативных примеров много.

С целью устранения сложившейся ситуации по вопросам обеспечения населения СИЗ, в том числе СИЗОД, МЧС России принято решение параллельно с разработкой стратегии защиты населения при чрезвычайных ситуациях проводить комплекс работ по разработке национальных стандартов, обеспечивающих техническое регулирование по средствам защиты населения. Запланирована разработка более 15 национальных стандартов, в том числе в 2013 году – четыре стандарта и далее практически по три-четыре стандарта в год. Первоочередными разрабатываемыми проектами стандартов являются:

1) ГОСТ «Противогазы гражданские фильтрующие. Общие технические требования» (2013);

2) ГОСТ «Самоспасатели гражданские фильтрующие. Общие технические требования» (2013);

3) ГОСТ «Противогазы и самоспасатели гражданские фильтрующие. Методы испытаний» (2013);

4) ГОСТ «Противогазы и самоспасатели гражданские фильтрующие. Оценка эффективности защиты» (2013–2014);

5) ГОСТ «Противогазы детские фильтрующие. Общие технические требования» (2014);

6) ГОСТ «Коллективные средства защиты органов дыхания. Общие технические требования» (2014);

7) ГОСТ «Противогазы гражданские изолирующие. Общие технические требования» (2014);

8) ГОСТ «Средства индивидуальной защиты органов дыхания в чрезвычайных ситуациях, респираторы пылегазозащитные».

(Сроки разработки и наименования стандартов уточняются).

Решение МЧС России о разработке серии национальных стандартов к средствам защиты населения позволит гарантировать надёжную защиту людей в чрезвычайных ситуациях. Координация работ по созданию проектов национальных стандартов безопасности в чрезвычайных ситуациях осуществляется профильным ТК-71 (технический комитет), образованным на базе ФГБУ ВНИИ ГО ЧС.

В 2013 году ТК-71 создал рабочую группу из специалистов от разработчиков, производителей СИЗ и КСЗ и работников ФГБУ ВНИИ ГО ЧС. За восемь месяцев рабочей группой подготовлено четыре проекта стандартов и на один стандарт – в первой редакции. По каждому стандарту, по мере согласования структуры показателей, текста изложения требований, подбора нормативных документов и формирования приложений рабочей группой разработано по три-четыре редакции проекта ГОСТа. Такой подход позволил каждому члену рабочей группы вносить технически обоснованные и аргументированные предложения по каждому показателю проекта ГОСТа.

Трудности вызывает то, что до настоящего времени в России не сведены в единый сводный документ требования, обеспечивающие установленный уровень защиты населения. В процессе работы, когда были обобщены основные требования по защите, установлено, что основным оценочным показателем для СИЗ (в том числе СИЗОД) является эффективность защиты. Этот показатель включает в себя и время защитного действия, и динамическую активность, и, самое главное, устанавливает требования по гарантии защиты при ЧС и ГО. Вначале члены рабочей группы приняли в «штыки» предложения ФГБУ ВНИИ ГО ЧС по разработке ГОСТа «Оценка эффективности защиты», однако детально проанализировав методы расчёта эффективности защиты, было показано, что оценка эффективности защиты позволяет объективно и правильно выбрать то или иное средство защиты.

Опыт разработки только четырёх проектов стандартов в системе БЧС к СИЗОД показал, что в России назрела необходимость разработки единого документа, содержащего требования к изделиям, которые должны с установленной степенью вероятности защищать людей. На сегодняшний день эти требования изложены в различных документах, которые хранятся. Учитывая тот факт, что в России, не прекращаясь, проводятся различные реорганизации, а порою и закрытие организаций, ведомств и предприятий, возможны потери этих документов. Работу по созданию единого сводного документа по общим техническим требованиям к СИЗ (в том числе СИЗОД), необходимо проводить в рамках работы по Федеральной программе по химической безопасности РФ. Пробразом такого документа может служить доку-

мент, принятый в Министерстве обороны РФ: «Общие технические требования (ОТТ)»

Сегодня меняется, уточняется концепция защиты населения России. В соответствие с новыми подходами к обеспечению СИЗ меняется и степень обеспечения населения России средствами защиты в зависимости от категории территории и возможных химических и биологических угроз на этих территориях. При этом изменится количество необходимых СИЗ и их номенклатура, но не изменятся требования к средствам защиты, так как химические свойства ОВ и АХОВИД не зависят – ни от политических, ни от экономических факторов. Исходя из этого, перед нами стоят задачи:

1. Создать современную нормативную базу по СИЗ и КСЗ.
2. Разработать современные СИЗ и КСЗ, которые обеспечат защиту от современных угроз.
3. Изготавливать и поставлять потребителю высокоэффективные средства защиты.

Надо помнить, что беда не застает врасплох только тех, кто предвидит возможную угрозу и заранее готовит средства по защите при наступлении ЧС.

УДК 614.894

С. В. Гудков, В. В. Потапочкин, В. П. Беляев

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩИХ И ИЗОЛИРУЮЩИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ГРАЖДАНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ И ДРУГИХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Отделом государственной статистики пожаров и информационных ресурсов Департамента надзорной деятельности МЧС РФ проведён анализ причин гибели людей при пожарах. Данные приведены на рис. 1.

Как видно из рисунка, в 2009 и 2010 годах более чем в 75% случаев причиной гибели людей при пожарах было отравление продуктами горения.

В учебнике газодымозащитной службы [1] приведено изменение состава воздуха за счёт продуктов горения (табл. 1). Кроме самих продуктов горения, в результате пожара возникает ещё один поражающий фактор – недостаток кислорода.

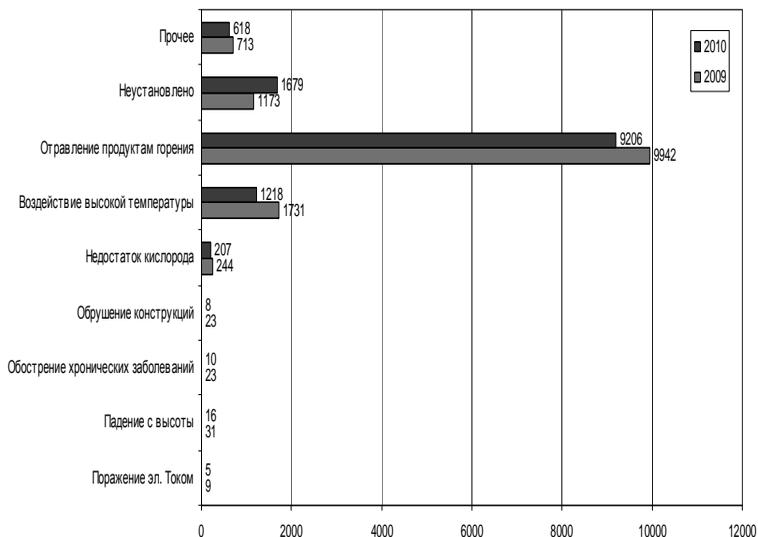


Рис. 1. Причины гибели людей при пожарах

1. Изменение состава воздуха при пожарах

Место взятия проб	Объёмная доля вещества, %		
	CO	CO ₂	O ₂
Пожары в подвалах	0,04...0,65	0,1...3,4	17,0...20,0
Пожары на чердаках	0,01...0,2	0,1...2,7	17,7...20,7
Пожары на этажах	0,01...0,4	0,3...10,1	9,9...20,8
Опыты с густыми дымами	0,20...1,1	0,5...8,4	10,8...20,0

Отравление окисью углерода, при содержании её в воздухе в пределах 0,4...1,0% об., происходит очень быстро. Большинство случаев гибели людей на пожарах связано с незаметно наступившей потерей сознания в результате отравления окисью углерода. Кроме того, действие вредных веществ на человека аддитивно и может многократно усиливаться.

Для защиты от ингаляционных поражений применяют фильтрующие или изолирующие средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). Требования к этим изделиям ранее устанавливал Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Решением Комиссии таможенного союза утверждён технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (далее по тексту ТР ТС

019/2011). В ТР ТС 019/2011 в Перечне стандартов для подтверждения его требований отсутствуют стандарты РФ в области пожарной безопасности. Это снижает требования к СИЗОД, применяемым населением при пожарах. Если снижение требований для изолирующих самоспасателей мало, то для фильтрующих СИЗОД произошло очень большое снижение требований.

Это даёт возможность на законных основаниях производить и реализовывать на территории Российской Федерации дешёвые, некачественные фильтрующие СИЗОД, которые не соответствуют реальным угрозам, возникающим при пожарах.

В сложившейся ситуации и с учётом того, что изолирующие СИЗОД могут применяться при недостатке кислорода, и вне зависимости от концентрации вредных (отравляющих) веществ в окружающем воздухе, для целей реальной защиты и спасения граждан при пожарах целесообразней использовать изолирующие СИЗОД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Грачев, В. А.** Газодымозащитная служба : учебник / В. А. Грачев, Д. В. Поповский. – Москва : Центр пропаганды, 2006. – 379 с.

УДК 614.894

И. А. Карпова, Р. А. Кисляков

ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха Московской обл.

ФИЛЬТРУЮЩИЕ САМОСПАСАТЕЛИ ДЛЯ ДЕТЕЙ В ВОЗРАСТЕ ОТ 7 ДО 12 ЛЕТ. ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Для защиты детей старше 12 лет и взрослых людей от воздействия токсичных продуктов горения при эвакуации из задымлённых помещений во время пожара широко применяются фильтрующие самоспасатели (рис. 1). Физиолого-гигиенические, технические требования и методики испытаний фильтрующих самоспасателей, предназначенных для детей старше 12 лет и взрослых людей установлены в ГОСТ Р 53261–2009 [1].

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), предназначенные для применения детьми младше 12 лет при эвакуации из задымлённых помещений во время пожара, практически отсутствуют.



Рис. 1. Самоспасатели фильтрующие

Одним из сдерживающих факторов создания детских СИЗОД является отсутствие до настоящего времени нормативных документов, устанавливающих требования к фильтрующим самоспасателям, предназначенным для применения на пожаре детьми младше 12 лет. С учётом возрастных особенностей детей не все требования и методики испытаний ГОСТ Р 53261 могут быть применимы к детским самоспасателям. Значения показателей, определяющих микроклиматические условия дыхания, необходимо оптимизировать применительно к детскому организму.

На сегодняшний день для защиты органов дыхания, зрения и кожных покровов головы детей от воздействия токсичных продуктов горения, включая монооксид углерода, отравляющие химические вещества и аэрозолей, образующихся при пожарах и других чрезвычайных ситуациях техногенного характера, существует один самоспасатель – газодымозащитный комплект ГДЗК-Ш (рис. 2).



Рис. 2. Газодымозащитный комплект ГДЗК-Ш

ГДЗК-Ш прошёл добровольную сертификацию в системе сертификации «Регистр Пожтест».

Следует отметить, что методики испытаний ГДЗК-Ш, изложенные в ТУ, предполагают оценивать герметичность изделия с участием испытателей-добровольцев – детей в возрасте от 6 до 12 лет. При этом дети выполняют определённые упражнения с различной нагрузкой (подъём на помост, ускоренная ходьба).

С точки зрения нормативных документов по охране труда и по этическим соображениям не разрешается использовать какой-либо труд детей в таком возрасте. Кроме того, участие детей в качестве испытателей не исключает риск получения субъективных результатов.

В связи с этим необходимо разработать требования по герметичности самоспасателей и методики их оценки с использованием соответствующего оборудования и средств измерения, замещающие испытания с участием детей.

ФГБУ ВНИИПО в рамках научно-исследовательской поисковой работы по определению защитных свойств фильтрующих самоспасателей, предназначенных для детей в возрасте от 7 до 12 лет, проведён анализ влияния самоспасателей на функцию внешнего дыхания, возрастных особенностей показателей, характеризующих функциональное состояние системы дыхания, технических параметров, конструктивных исполнений существующих фильтрующих средств защиты органов дыхания, предназначенных для применения детьми. Проведённый анализ позволил сформулировать основные физиолого-гигиенические и технические требования к фильтрующим самоспасателям для детей в возрасте от 7 до 12 лет:

1. Масса рабочей части детского фильтрующего самоспасателя должна быть не более 850 г.

2. Объёмная доля диоксида углерода во вдыхаемом воздухе в подмасочном пространстве самоспасателя должна быть не более 1,5% об.

3. Смотровое окно капюшона самоспасателя должно обеспечивать площадь поля зрения не менее 70% от площади поля зрения без капюшона.

4. Самоспасатель должен обеспечивать возможность ведения переговоров.

5. В конструкции самоспасателя должен использоваться одно-размерный капюшон яркого цвета со смотровым окном.

6. В конструкции самоспасателя должна использоваться полумаска одного размера.

7. Не допускается использовать в конструкции самоспасателя загубник и носовой зажим.

8. С целью обеспечения простоты в применении детского самоспасателя, целесообразно использовать простую и удобную систему крепления.

9. Капюшон самоспасателя должен быть удобным и комфортным, не вызывать наминов, болевых ощущений при использовании, не должен ограничивать подвижность головы, шеи, рук и туловища ребёнка.

10. Конструкция смотрового окна капюшона должна препятствовать его запотеванию, существенно затрудняющему обзор ребёнку в самоспасателе.

Выполнение представленных технических требований и методики испытаний фильтрующих самоспасателей, предназначенных для детей в возрасте от 7 до 12 лет, позволит внести их в ГОСТ Р53261–2009.

Расширение модельного ряда самоспасателей для всех возрастных категорий населения позволит существенно повысить уровень защищённости детей, снизить число погибших и травмированных при возникновении чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ Р 53261–2009.** Техника пожарная. Самоспасатели фильтрующие для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымлённых помещений во время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний. – М. : Стандартинформ, 2009.

УДК 614.7/8

А. Д. Обухов¹, Д. А. Воропаев¹, М. Н. Краснянский²

¹*ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;*

²*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КАРТОТЕКИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Проектирование и производство средств индивидуальной и коллективной защиты, а также разработка технологий, связанных с защитой жизни и здоровья человека, невозможно без использования современных автоматизированных информационных систем, позволяющих осуществлять сопровождение проектов на уровне разработки проек-

но-конструкторской документации, подготовки отчётов, применения различных баз данных изделий, продуктов, материалов, патентов и др. Актуальной становится задача проектирования автоматизированной информационной системы, которая позволила бы обеспечить сотрудникам предприятия быстрый доступ к материалам по актуальным и архивным разработкам, текущим заказам, выполняемым и завершённым проектам, научным публикациям, нормативным документам, действующим ГОСТам, полученным на предприятии результатам интеллектуальной деятельности.

Практическая ценность внедрения подобной системы заключается в следующем:

- более простой и упорядоченный доступ к имеющимся документам предприятия;
- упрощение составления планов заказов, отчётов, смет;
- повышение надёжности хранения информации по сравнению с бумажной документацией;
- организация удалённого доступа к системе с любого компьютера предприятия, планшета и смартфона;
- оперативное получение актуальных данных о заказе, проекте, изделии и других, благодаря использованию web-технологий.

Автоматизированная информационная система состоит из отдельных модулей, отвечающих за решение определённых задач. Первым этапом создания подобных систем является разработка математической модели, описывающей объект исследования, которая необходима для формирования структуры создаваемой системы и базы данных, а также разработки отдельных модулей.

В качестве основного модуля выступает картотека химических продуктов и средств защиты жизнедеятельности человека. Пользователи получают доступ к функциям редактирования записей, интеллектуальному поиску по базе данных, формированию заказа путём набора группы записей из базы и извлечения из них необходимой информации (стоимость, структура, физические и экономические характеристики).

На первом этапе разработки модуля формируется граф узлов картотеки [1]. Для примера рассмотрим структуру из множеств деталей, сборок и изделий, совокупность которых формирует конечный проект. При этом сборка и изделие являются узлами одного уровня и могут входить в состав друг друга, а детали – это конечные элементы, на основе которых формируется сборка или изделие.

Введём следующие обозначения:

P – проектный документ; $p_1, p_2 \dots$ – множество всех изделий; $s_1, s_2 \dots$ – множество всех сборок; $d_1, d_2 \dots$ – множество всех деталей.

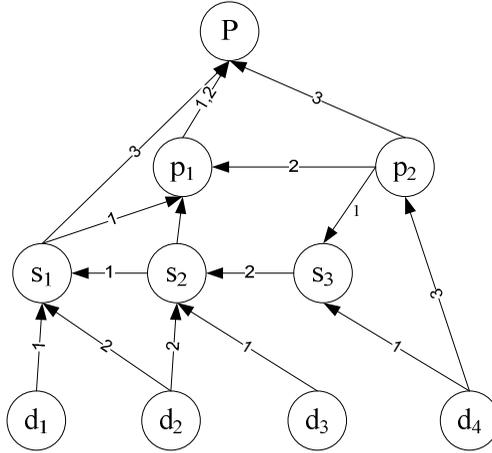


Рис. 1. Представление проекта в виде графа

Тогда проект можно представить в виде графа (рис. 1) $P = [W, M]$, где $W = \{d_1, \dots, d_n, s_1, \dots, s_m, p_1, \dots, p_k\}$ (множество вершин); M – множество ориентированных дуг, образованных парами (w_i, w_j) , которые являются элементами множества W [2].

Изделия, сборки и детали могут включаться друг в друга по следующим правилам:

- 1) только выход – детали;
- 2) вход и выход – узлы, которые чаще всего представлены сборками, но на более высоких уровнях могут являться и изделиями;
- 3) только входы – проект, который является конечным изделием.

Рёбра графа пронумеруем, обозначив возможные пути формирования проекта. Как видно из рис. 1, проект может быть составлен различными сочетаниями вершин (указано три пути). Для обеспечения наилучшего варианта необходимо найти оптимальный путь.

Пусть $M^{w_i, w_j} = \{w_i, w_j\}$ – путь от вершины w_i до w_j , а $L(M^{w_i, w_j})$ – длина этого пути, для нахождения которой мы будем ставить в соответствие каждой промежуточной дуге (w_s, w_t) некоторый весовой коэффициент (l_{w_s, w_t} – применяемость w_s вершины в w_t -ой), определяющий его значимость (стоимость изделия, масса детали, время на изготовление и т.п.). Тогда длина пути от вершины w_i до w_j равна

$$L(M^{w_i, w_j}) = \sum_{\forall (w_s, w_t) \in M^{w_i, w_j}} (l_{w_s, w_t}),$$

а полную применяемость узла w_i в w_j будем рассчитывать, как минимум длины пути M^{w_i, w_j} :

$$l_{w_i, w_j} = L_{\min}(M^{w_i, w_j}).$$

Следовательно, применяемость детали w_0 в проекте определяется как оптимальное положение детали внутри сборок s_i , изделий p_j или в проекте P :

$$l_{w_0, P} = L_{\min}(M^{w_0, P}) = \sum_{s_i \in M^{w_0, P}} L_{\min}(M^{w_0, s_i}) + \sum_{p_j \in M^{w_0, P}} L_{\min}(M^{w_0, p_j}) + L(M^{w_0, P}).$$

На основе базы данных изделий, сборок, деталей и граничных условий (задаются заказчиком, либо текущими запасами/потребностями предприятия и выражаются в количестве материала/изделий, стоимости, бюджете предприятия, временных интервалах) находятся оптимальные маршруты по графу P . В качестве длины рёбер выбирается весовой коэффициент. Тогда целевой функцией выступит функция эффективности проекта:

$$\Phi(P) = \sum_{\forall (w_i, w_j) \in P} l_{w_i, w_j}.$$

Результатом вычислений является решение типичной задачи коммивояжера любым известным методом оптимизации, например, методом полного перебора или методом ветвей и границ. В итоге формируется оптимальный набор деталей, сборок и изделий для рассматриваемого заказа [3].

Остальные модули системы опираются на предложенную модель и базу данных и предназначены для решения следующих задач: формирование отчётности, проведение различных выборок, доступ к справочной и проектной документации, в том числе удалённо.

Рассмотренные аспекты разработки автоматизированной картотеки химических продуктов и средств защиты жизнедеятельности и построения математической модели на основе графа. Использование подобных систем вносит большой вклад на этапе проектирования и формирования проектной документации, организует работу на предпри-

яти в рамках одной глобальной комплексной системы. Поэтому без дальнейшего проникновения информационных технологий и автоматизации процессов проектирования невозможно достигнуть заметного подъёма как химической промышленности, так и других отраслей производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Мубаракзянов, Г. М.** Математическая теория задач разувложения сборочных единиц. / Г. М. Мубаракзянов, И. В. Дылевский // Вестник КГТУ им. А. Н. Туполева. – 2008. – № 1. – С. 83 – 86.
2. **Гасанов, Э. Э.** Теория хранения и поиска информации / Э. Э. Гасанов // Фундаментальная и прикладная математика. – 2009. – Т. 15. – С. 49 – 73.
3. **Ананий, В.** Глава 3. Метод грубой силы: Задача коммивояжера / В. Ананий ; под ред. Левитина // Алгоритмы: введение в разработку и анализ. – Москва : Вильямс, 2006. – С. 159.

УДК 629.7.048

**А. С. Сергунин¹, Н. Ц. Гатапова²,
Н. В. Постернак¹, С. И. Симаненков¹**

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

СВЕРХБЫСТРАЯ КОРОТКОЦИКЛОВАЯ БЕЗНАГРЕВНАЯ АДСОРБЦИЯ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВ

Технология короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА), в англоязычной литературе именуемая как *PSA – Pressure Swing Adsorption*, широко используется для очистки и разделения газов. Обычно установка КБА состоит из одного или нескольких адсорберов, которые попеременно работают в режиме разделения компонентов (повышенное давление в газовой фазе) и режиме регенерации адсорбента (пониженное давление). Условно, можно разделить процессы КБА по длительности цикла адсорбции-регенерации на три группы: более 1 мин – традиционные КБА процессы; 0,1...1 мин – быстрые КБА процессы (*RP SA – Rapid PSA*); менее 0,1 мин – сверхбыстрые КБА процессы (*URPSA – Ultra Rapid PSA*).

С 2006 года российские боевые самолеты стали оснащаться бортовыми кислорододобывающими установками (БКДУ), которые ис-

пользуют технологию быстрой КБА, и обеспечивают дыхание экипажа из двух лёгчиков воздухом, обогащённым кислородом.

Используя последние достижения науки и практики в области сверхбыстрых КБА процессов (СКБА), становится возможной разработка БКДУ второго поколения. В установках СКБА применяются два технологических новшества: роторная система с использованием всего двух клапанов и монолитный адсорбент, устойчивый к механическим воздействиям. При этом масса и габариты установки могут быть снижены вдвое за счёт сокращения длительности цикла «адсорбции-регенерации» с 20 с до 1...4 с и соответствующего уменьшения по массе цеолитов и осушителей в 4-5 раз.

Для достижения глубокой осушки воздуха перед слоем цеолита размещают слой осушителя, также регенерируемый обратной продувкой. Для процессов осушки вместо цеолита NaX рекомендуются сорбенты с теплотой адсорбции паров воды не более 14 ккал/моль, что обеспечивает высокую скорость десорбции. Теплота адсорбции воды для активного оксида алюминия составляет 12...14 ккал/моль, а для цеолита NaX – 18 ккал/моль при адсорбции 0,5...3,0 ммоль воды на 1 г сорбента (0,9...5,4% масс.). По результатам исследований, коэффициент массопередачи по парам воды микросферического оксида алюминия (АОК-63-11) в режиме адсорбции в 2,5–5,0 раз, а в режиме десорбции в 2–4 раза выше, чем у цеолита NaX.

По сравнению с применяющимися в БКДУ алюмосиликатными цеолитами алюмофосфатные цеолиты существенно менее гидрофильны и занимают промежуточное положение между гидрофобными высококремнистыми цеолитами типа ZSM-5 и сильно гидрофильными алюмосиликатными цеолитами типа NaX, LiLSX. Общепринятым показателем производительности кислородных КБА-установок является «фактор размера адсорбера» (BedSizeFactor, BSF), равный массе сорбента в фунтах для производства 1 т 90% кислорода в сутки. Применение алюмофосфатного или силикоалюмофосфатного цеолитов в установках КБА для обогащения воздуха кислородом позволяет достичь BSF, равный 30 lb/TPDc, что делает алюмофосфатные цеолиты конкурентоспособными по сравнению с цеолитами LiLSX и NaX. Для существенного уменьшения пыления сорбентов целесообразны замена глинистого связующего на полимерное из полисульфона, замена гранул на монолитные сорбенты в виде сот или листов с прокладками (спейсерами).

Таким образом, БКДУ второго поколения будет обладать повышенным ресурсом, особенно при получении кислорода из влажного воздуха в условиях интенсивных вибраций и перегрузок, благодаря использованию технологии сверхбыстрой короткоцикловой адсорбции, монолитных адсорбентов, разделения осушителя и цеолитов отсечными клапанами.

С. В. Гудков, В. В. Потапочкин, В. П. Беляев

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

В настоящее время в сфере технического регулирования в области средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) сложилась критическая ситуация, обусловленная рядом факторов.

Основная проблема заключается в отставании уровня требований по защитным и эксплуатационным характеристикам, предъявляемых к российским СИЗОД, от реально существующего, и тем более прогнозного, уровня техногенной опасности, которой они должны эффективно противостоять. Кроме того, в последнее время в России наметилась тенденция гармонизации национальных нормативных документов с международными, которые не всегда адекватно отражают российские особенности и условия применения защитной техники. Системное принятие нормативных документов с заниженными требованиями, в совокупности с вступлением России во Всемирную торговую организацию (ВТО), способствует реализации на законных основаниях на территории России дешёвых низкокачественных СИЗОД, в том числе иностранного производства.

Не менее острой проблемой является дифференцирование обязанностей по разработке нормативных документов (НД) между различными органами исполнительной власти без единого координационного центра. В настоящее время в России разработкой НД в области СИЗОД занимаются три Департамента, относящиеся при этом к разным министерствам. Отсутствие единой концепции отражается на качестве разрабатываемых документов, которые не согласованы не только между собой, но и, в некоторых случаях, входят в противоречие с действующим законодательством Российской Федерации.

Результатом несогласованной политики является подчинение некоторых категорий СИЗОД нескольким техническим регламентам с принципиально разными требованиями, а в перечень документов по стандартизации для подтверждения требований этих регламентов включены стандарты с различными условиями проведения испытаний.

Примером является ситуация с принятием технического регламента Таможенного союза 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» (ТР ТС 019/2011), составленного на базе системы стандартов безопасности труда (ССБТ), требования которых существенно ниже, чем требования отечественных нормативных документов, определяю-

щих требования к средств изолирующей защиты (СИЗ) для защиты при пожарах, в целях гражданской обороны и для защиты населения в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, за исключением аварий в производственной сфере. Однако в ТР ТС 019/2011 отсутствуют ограничения на распространение действия на изделия, предназначенные для применения при указанных выше ситуациях.

Учитывая, что прогнозные оценки на ближайшую перспективу предсказывают сохранение тенденции повышения вероятности аварий химической природы в ближайшем будущем, возрастают угрозы для жизнедеятельности человека, национальной безопасности и социально-экономического развития Российской Федерации. Таким образом, можно констатировать, что политика в области технического регулирования способствует снижению защищённости граждан России и, как следствие, в увеличение количества жертв среди гражданского населения при различных чрезвычайных ситуациях.

С целью исправления сложившейся критической ситуации необходимо предотвратить снижение требований в российских НД, а также внести изменения в ТР ТС 019/2011 с целью нераспространения его действия на СИЗОД, не относящиеся к ССБТ. Кроме того, для обеспечения единой политики по техническому регулированию в области СИЗОД, следует консолидировать процесс разработки нормативной документации в одном органе исполнительной власти.

УДК 614.89:623.827

В. А. Лавров¹, С. В. Матвеев¹, П. Ю. Путин¹, С. И. Дворецкий²

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЫХАНИЯ КАМЕР СПАСАТЕЛЬНЫХ ВСПЛЫВАЮЩИХ

Современные требования, выдвигаемые Заказчиком к разработке систем обеспечения дыхания камер спасательных всплывающих (СОД КСВ), содержат жёсткие требования по удалению диоксида углерода и дозировке кислорода в условиях повышенного давления (до 0,6 МПа, абс.), малого свободного объёма помещения (0,25 м³) и присутствия внутри объёма непредсказуемого состава вредных веществ. При этом время установления рабочего режима СОД после ввода её в действие должно составлять несколько десятков секунд, а время эксплуатации СОД может включать суммарное время гермети-

зации, декомпрессии и вентилирования КСВ в зависимости от условий при аварийной ситуации.

Разработчикам СОД приходится ставить перед собой ряд задач, решение которых позволит вывести проектирование СОД на новый, более современный уровень. Наиболее весомыми задачами являются:

1) оперативное и надёжное обеспечение изоляции органов дыхания личного состава при возникновении аварийной ситуации и осуществление удаления вредных веществ и диоксида углерода, выделяемых в процессе дыхания;

2) точное регулирование подачи кислорода, особенно в условиях повышенного давления;

3) наличие свободного объёма в отсеке для размещения расходных элементов и арматуры СОД;

4) обеспечение эксплуатации СОД без электроэнергии и дополнительного обслуживания в течение времени, превышающего время работы индивидуальных дыхательных аппаратов.

В рамках решения этих задач отделом коллективных средств защиты (КСЗ) ОАО «Корпорация «Росхимзащита» в 2010 – 2013 годы проработаны вопросы обеспечения безопасного дыхания человека в условиях КСВ. Определён облик СОД, в котором дыхание человека, группы людей должно осуществляться за счёт лёгочной вентиляции без использования электроэнергии в замкнутом дыхательном контуре, изолированном от объёма КСВ. Рассмотрены различные варианты конструктивного исполнения СОД с использованием различных схем регенерации. Проработано размещение вариантов СОД в КСВ. проведён ряд исследовательских испытаний макетных образцов вариантов СОД с целью изучения правильности конструкторских решений.

Полученные результаты являются основанием для разработки надёжной конструкции СОД в условиях КСВ.

УДК 614.89

Н. В. Задорожный, Д. В. Поляков

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ДЛЯ ЭКИПАЖЕЙ КОРАБЛЕЙ

ОАО «Корпорация «Росхимзащита» является ведущим предприятием по разработке и производству изолирующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) на химически связанном кислороде.

В интересах ВМФ России нами разработаны портативные дыхательные устройства ПДУ-1, ПДУ-2, ПДА и изолирующий противогаз ИП-6. Изделия ПДА и ИП-6 до настоящего времени находятся на снабжении ВМФ. В 2004 году разработаны и поставлены на вооружение СИЗОД нового поколения – изолирующий противогаз ИП-Д и портативный дыхательный аппарат экстренной защиты ПДА-Э, которые обеспечивают работоспособность при давлении до 2 кг/см².

ОАО «Корпорация «Росхимзащита» предлагает перспективные разработки в интересах ВМФ России, которые обладают лучшими тактико-техническими характеристиками по сравнению со штатными средствами:

1. Универсальный портативный дыхательный аппарат УПДА, который может использоваться как средство экстренной защиты органов дыхания и как изолирующий противогаз.

2. Изолирующе-фильтрующий аппарат ИФА, оснащённый датчиком истощения ресурса, обеспечивающий защиту пользователя в ситуациях, когда возможно внезапное изменение внешних условий, требующих изменения режима защиты (фильтрация или изоляция).

3. Изолирующий дыхательный аппарат ИДА-ХС, устойчивый к воздействию газообразных хлора и аммиака с объёмной долей в воздухе до 90% и сероводорода – до 25%.

4. Портативное дыхательное устройство ПДУ-3 (ПДА-4), которое имеет лучшие по сравнению с ПДА, находящемся на снабжении, массогабаритные характеристики, более широкий температурный интервал эксплуатации, более длительные сроки эксплуатации, лучшую сохраняемость при эксплуатации и более низкую стоимость.

5. Дыхательный аппарат со сбалансированной регенерацией длительного пользования многоразового действия (изолирующий респиратор), обеспечивающий содержание кислорода в дыхательной смеси на уровне 20...40% об., как альтернативу воздушным аппаратам длительного пользования при существенно меньшей массе.

6. Аппаратно-тренажёрный комплекс для обучения личного состава правилам пользования СИЗОД, при этом может производиться компьютерная обработка всех данных, получаемых в процессе обучения.

Эти разработки ОАО «Корпорация «Росхимзащита» с учётом специфики СИЗОД позволят усовершенствовать систему построения защиты подводных и надводных кораблей, береговых сооружений, повысить безопасность личного состава и боеспособность ВМФ России.

С. В. Матвеев, В. А. Лаверов, П. Ю. Путин

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

МОДЕРНИЗАЦИЯ АКТУАЛЬНЫХ И ВОСТРЕБОВАННЫХ НА РЫНКЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ СРЕДСТВ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В целях защиты жизни и здоровья граждан при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера применяются убежища (в том числе защитные сооружения и пункты управления АЭС), противорадиационные укрытия, а также иные здания, строения и сооружения, предназначенная для обеспечения проведения мероприятий по гражданской обороне.

Воздухоснабжение убежищ осуществляется по двум режимам: чистой вентиляции (первый режим), фильтровентиляции (второй режим), а в убежищах, расположенных в местах возможного загрязнения воздуха предусматривается режим полной или частичной изоляции с регенерацией внутреннего воздуха (третий режим).

На сегодняшний день для поглощения диоксида углерода в объектах гражданской обороны широко используется установка, состоящая из одного, двух или трёх патронов РП-100 [1]. Одна такая установка обеспечивает очистку воздуха от диоксида углерода при расходе воздуха через неё от 100 до 300 м³/ч и имеет недостатки, заключающиеся в неустойчивой к механическим нагрузкам конструкции, неудобства монтажа, небольшого срока гарантии.

В ОАО «Корпорация «Росхимзащита» разработан блок поглотительный РП-100М с улучшенными техническими характеристиками. Блок представляет собой устойчивый к механическим воздействиям герметизированный с 12 поглотительными патронами.

За счёт параллельной установки патронов аэродинамическое сопротивление воздуха в блоке при расходе 300 м³/ч составляет порядка 20 мм. вод.ст.

В процессе работы блока образуется в 2 раза меньше паров воды, чем при работе РП-100-3, что существенно снижает нагрузку на системы тепло- и влагорегулирования сооружений.

Гарантийные сроки на патроны блока составляют более 10 лет.

Габаритные и присоединительные размеры блока позволяют осуществить замену колонок РП-100-3 без доработок и перепланировки помещений, при этом его защитная мощность по диоксиду углерода выше защитной мощности РП-100-3 в 1,5 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Каммерер, Ю. Ю.** Эксплуатация убежищ гражданской обороны / Ю. Ю. Каммерер, А. Е. Харкевич. – Москва : Стройиздат, 1970. – 197 с.

УДК 629.048

Э. А. Курмазенко, А. С. Цыганков, А. А. Кочетков, В. Ю. Прошкин

ОАО «НИИхиммаш», г. Москва

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКИПАЖА ДЛЯ МЕЖПЛАНЕТНЫХ АВТОНОМНЫХ ПОЛЁТОВ

Проблема создания и поддержания условий, обеспечивающих жизнь и деятельность экипажей космических летательных аппаратов (КЛА) в длительных космических миссиях человека к планетам солнечной системы, является одной из важнейших научно-технических проблем, связанных с освоением человеком дальнего космического пространства. К особенностям условий автономных длительных межпланетных космических миссий можно отнести:

- большую длительность нахождения экипажа в ограниченном изолированном пространстве, предопределяющую необходимость расширения выполняемых функций интегрированной системы жизнеобеспечения (ИСЖО)* в части санитарно-гигиенического обеспечения экипажа, проведения оперативного мониторинга параметров среды обитания и психологической разгрузки членов экипажа;

- автономность пилотируемого полёта, определяющая отсутствие возможности возобновления расходуемых материалов, узлов и аппаратов;

- необходимость самостоятельного принятия решений экипажем по идентификации и локализации возможных нештатных ситуаций в отдельных системах ИСЖО, обусловленная уменьшением скорости передачи информации при космических полётах к другим планетам;

- невозможность сброса отходов жизнедеятельности экипажа за борт.

* Термин «*интегрированная система жизнеобеспечения*» применён для определения сложной целостной системы, так как рекомендуемый термин «*комплекс обеспечения жизнедеятельности*» – совокупность отдельных технических средств жизнеобеспечения – не отражает сущность системы и мало приемлем для проведения анализа на основе системного подхода, также как и термин «*средства*» более приемлем для характеристики экономических затрат и веществ, применяемых в медицине и химии.

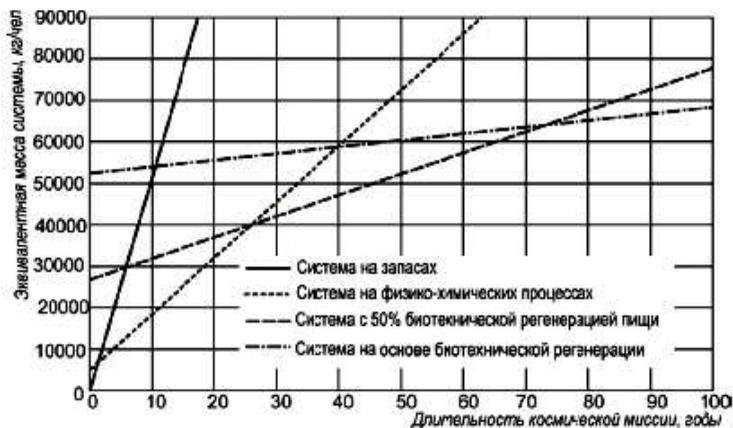


Рис. 1. Зависимость эквивалентной массы ИСЖО от длительности космической миссии

Основой создания технологической структуры ИСЖО являются системы, основанные на физико-химических процессах преобразования продуктов метаболизма экипажа в исходные компоненты среды обитания (рис. 1) [1].

При осуществлении длительных автономных пилотируемых полётов ИСЖО на основе преобразовании продуктов метаболизма в исходные компоненты среды обитания, имеет массу, приблизительно равную половине полезного груза, выводимого межпланетным кораблем для 1000-суточного полёта на Марс. Умеренное среднесуточное потребление в пересчёте на одного члена экипажа требует затрат массы ≈ 10 кг/сут.·человек, что составляет при рассматриваемой длительности полёта ≈ 10 т/человек, которые частично могут быть восстановлены в исходные компоненты среды обитания за исключением тупиковых продуктов.

ИСЖО на основе физико-химических технологий, применяемые при осуществлении околоземных орбитальных полётов, при выводе отдельного модуля используют до 50% массы, выводимой носителем, а для их безотказного функционирования необходимы ЗИП и запасы расходоуемых веществ, масса которых практически равна массе самой системы [2].

Результаты анализа функционирования регенерационных систем Российского Сегмента МКС и схемных и конструктивных решений, принятых в опытных образцах американских, европейских и японских систем показывают, что:

1. Реализованные в системах ОС «Мир» и РС МКС функции обеспечивают генерацию кислорода, очистку атмосферы от микропримесей, получение питьевой воды из конденсата атмосферной влаги и урины (на ОС «Мир»). При этом системы, эксплуатируемые на борту РС МКС, характеризуются меньшей степенью относительно ОС «Мир» замкнутости по воде из-за отсутствия системы регенерации воды из урины.

2. Разработанные технологические структуры Российского Сегмента МКС, основанные на принципах работы до отказа и отдельного функционирования функционально независимых систем, выработанных при создании систем на запасах [3], позволили решить проблемы обеспечения жизни и деятельности экипажа в условиях орбитальных околоземных полётов.

3. Отсутствие в структурах ИСЖО систем регенерации санитарно-гигиенических и бытовых вод обусловлено существенным отставанием в разработке и введению в эксплуатацию на МКС средств санитарно-гигиенического обеспечения, таких как душ-сауна, умывальник, стиральная машина и т.п.

4. Обеспечение жизненного цикла регенерационных систем путём замены отдельных аппаратов и блоков ведёт к существенному увеличению затрат, связанных с изготовлением и доставкой ЗИП.

5. Опытные образцы регенерационных систем жизнеобеспечения, разработанные для Американского Сегмента МКС, европейского модуля Columbus и японского модуля JEM разработаны как интегрированные структуры с использованием многофункциональных агрегатов и являются прототипами при обеспечении надёжного функционирования и снижении массо- и энергетических затрат регенерационных систем жизнеобеспечения для осуществления длительных межпланетных полётов.

Действующие ограничения на создание ИСЖО для межпланетных автономных полётов. При формировании структуры ИСЖО и выборе технологий для реализации в отдельных технических системах жизнеобеспечения необходим учёт ряда действующих ограничений, определяемых условиями автономного длительного полёта. Кроме ограничений, характерных для околоземных орбитальных полётов, особое значение приобретают следующие ограничения [4]:

1. *Объёмные ограничения*, определяемые:

– зависимостью необходимого свободного объёма для обеспечения нормальной жизнедеятельности члена экипажа от длительности автономного полёта;

– необходимостью размещения ЗИП и расходующихся материалов и веществ в условиях длительного автономного полёта при отсутствии их восполнения за счёт грузопотоков;

– высокими затратами удельной массы герметичных объёмов, оцениваемой в пределах от 215 до 295 кг/м³ [5].

2. *Ресурсные ограничения*, определяющие возможность безотказного функционирования технических систем и функциональных блоков в течение осуществляемой космической миссии в условиях минимального не восполняемого запаса легко заменяемых запасных частей.

3. *Ограничения по скорости передачи информации*, определяющие дополнительные требования к системе автоматического управления по надёжности, прогнозированию отказов и их идентификации.

4. *Ограничения по радиационной стойкости* применяемых неметаллических материалов, исследование которой находится в зачаточном состоянии.

Формирование «облика» интегрированной системы жизнеобеспечения. Для формирования «облика» ИСЖО, предназначенной для межпланетных автономных полётов, разработана технологическая структура на основе результатов проведённого анализа эксплуатируемых, разрабатываемых и перспективных технологий (рис. 2).

Облик технологической структуры ИСЖО (для базовой линии) с учётом достоверности и объёма информации об общесистемных и характеристических свойствах систем может быть оценен на основе показателя эффективности «эквивалентная масса», определяемого по зависимости

$$M_{\Sigma}^s = (M_s + M_{sp}) + m_{ГО}(V_s + V_{sp}) + m_{СЭО}N_s + m_{СОТР}Q_s',$$

в которой M_{Σ}^s – эквивалентная масса системы; M_s, M_{sp} – массы инсталлированной системы и комплекта запасных частей; V_s, V_{sp} – объёмы инсталлированной системы и комплекта запасных частей; N_s – мощность системы энергообеспечения, затрачиваемая на функционирование системы; Q_s – тепловая мощность, выделяемая системой при функционировании; $m_{ГО}, m_{СЭО}, m_{СОТР}$ – удельные массы герметичного модуля, системы энергообеспечения и системы обеспечения теплового режима, соответственно.

При формировании «облика» ИСЖО (рис. 3) значения удельных масс приняты равными $m_{ГО} = 215 \text{ кг/м}^3$; $m_{СЭО} = 230 \text{ кг/кВт}$; $m_{СОТР} = 150 \text{ кг/кВт}$ [6].

В качестве исходного при формировании «облика» и проведении оценки выбран полёт на Марс длительностью 520 суток при численности экипажа шесть человек. Результаты оценки приведены в табл. 1.

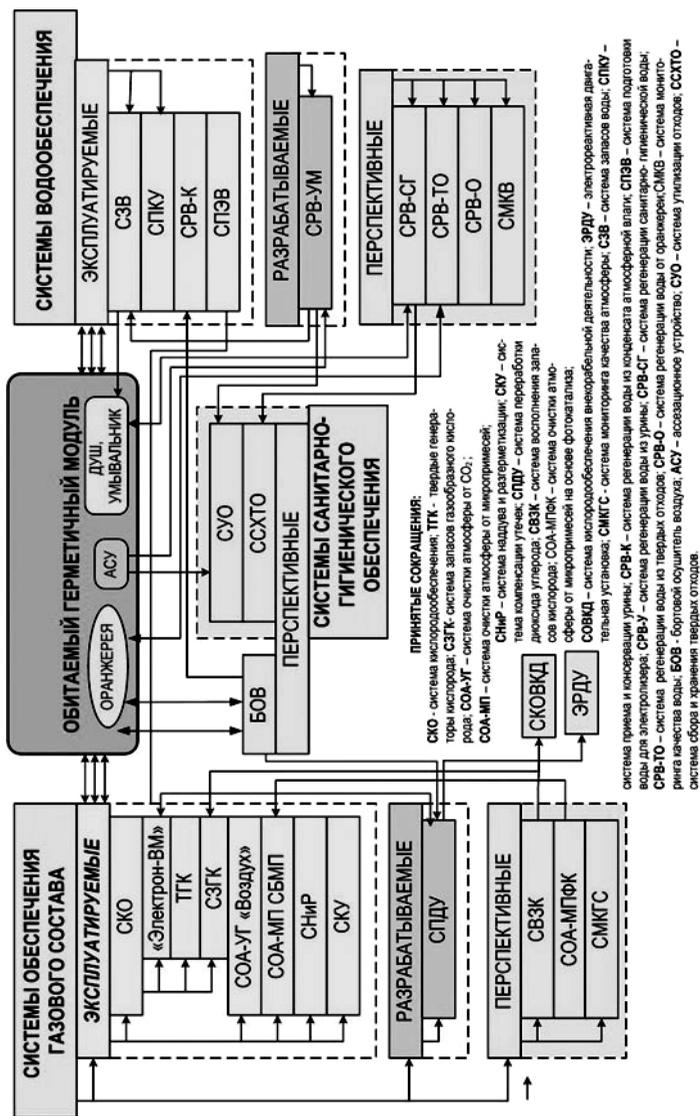


Рис. 2. Технологическая структура ИСЖО

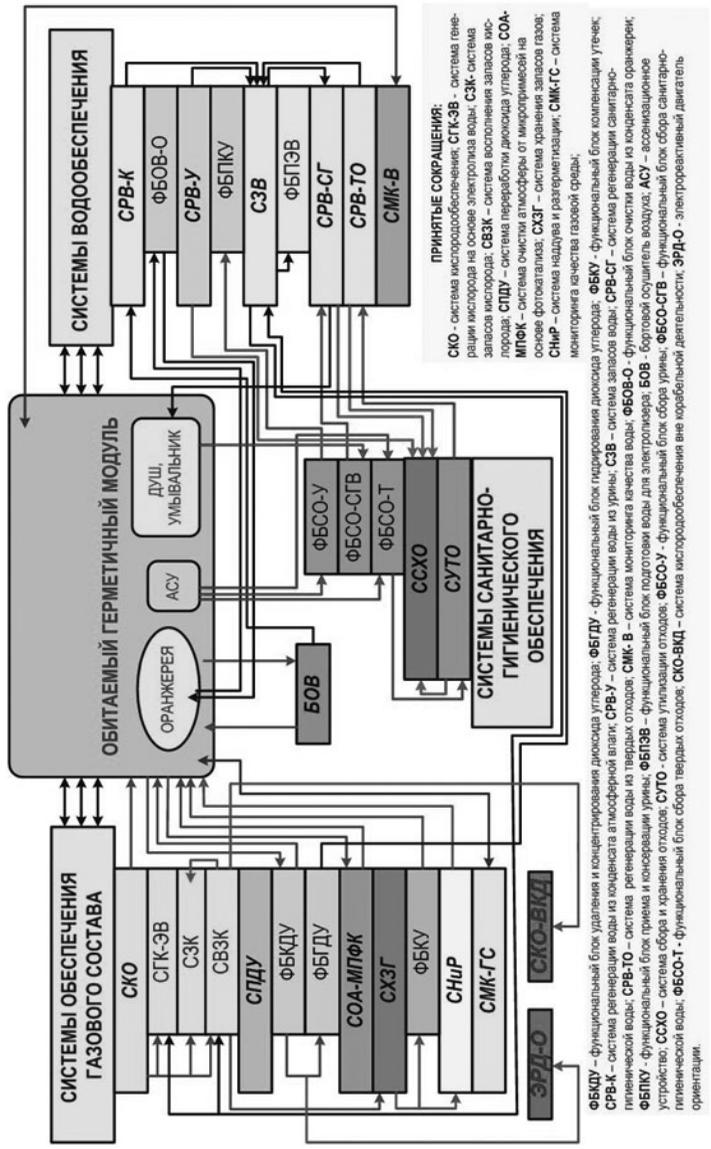


Рис. 3. Базовая технологическая структура ИСЖО, выбранная в качестве «облика» системы

1. Эквивалентная масса базовых систем ИСЖО

Система	Основные характеристики									M _{экв} кг
	M _{сис.} , кг	M _{зип.} , кг	V _{сис.} , м ³	V _{зип.} , м ³	N _{сис.} , кВт	Q _{сис.} , кВт	M _{г.м.} , кг	M _{сэо.} , кг	M _{сотр.} , кг	
Система обеспечения газового состава										
СГК-ЭВ	160	25	0,86	0,1	1,75	0,95	206,4	402,5	142,5	936,4
СЗК	86	10	0,4	0,08	0,2	0,35	102,7	23	52,5	274,2
СВЗК	190	30	1,1	0,11	2,1	2,35	360,35	483	347,5	1410,85
СПДУ	150	35	0,9	0,08	0,6	0,58	210,7	138	87	620,7
СОА-МПФК	42	7	0,35	0,04	0,15	0,08	83,85	37,5	12	197,4
СХЗГ	84	8	1,1	0,08	0,15	0,1	253,7	34,5	15	395,2
СНиР	42	6	0,4	0,06	0,15	0,1	98,9	34,5	15	196,5
СМК-ГС	26	10	0,2	0,08	0,2	0,2	60,2	46	30	172,2
Итого, кг	780	106	3,17	0,4	2,58	1,98	1376,8	1153	701,5	4203,45
Система водообеспечения										
СРВ-К	140	360	0,5	1,3	0,26	0,26	387	59,8	39	985,8
СРВ-У	180	420	0,7	1,63	0,25	0,305	351	57,5	45,75	1054,25
СРВ-СГ	160	270	0,5	0,7	0,27	0,27	125,55	62,1	40,5	617,69
СРВ-ТО	60	15	0,3	0,1	0,3	0,3	86	69	45	275
СЗВ	1625	75	1,3	0,3	0,1	0,1	344	23	15	2082
СМК-В	24	10	0,2	0,08	0,2	0,2	60,2	46	30	170,2
Итого, кг	2105	1125	3	3,93	0,313	0,368	1350,75	317,4	215,25	5184,99
Всего, кг	2601	1190	6,17	4,33	2,893	2,348	2781,55	910,8	512,25	9506,39

Для оценки масс и занимаемых объёмов отдельными системами жизнеобеспечения применены интерполированные данные на основе разрабатываемых и эксплуатируемых систем.

При реализации приведённой базовой линии особое значение приобретает разработка новых типов катализаторов и адсорбентов для применения в технологических устройствах систем обеспечения газового состава и водообеспечения.

Перспективные адсорбенты и катализаторы. При разработке перспективных адсорбентов и катализаторов к настоящему времени выработались два основных направления:

– выбор химического состава адсорбентов и катализаторам, обеспечивающим снижение температурного уровня технологических процессов;

– переход к структурированным адсорбентам и катализаторов, обеспечивающих существенное повышение значений коэффициентов тепло- и массопереноса и скорости проведения химической реакции.

Разработанные адсорбционные технологии характеризуются высокими удельными энергозатратами, определяемые в диапазоне 6...18 Вт/л CO_2 . Поэтому основным направлением работ в развитии данных технологий является разработка сорбентов, обеспечивающих снижение энергозатрат за счёт уменьшения температурного уровня процесса.

В качестве подобных адсорбентов, ориентированных на вакуумную десорбцию, можно выделить:

– адсорбент на основе мезопористого оксида кремния TA/MSU-H, модифицированного аminosиланом [7];

– ТДА – сорбент на основе мезопористого силикагеля, пропитанного жидким амином;

– адсорбент PEI на основе пирогенного кремнезема, пропитанного полиэтиленимином [8, 9].

В работе [10] приведены результаты разработки и исследования свойств рутениевого катализатора на носителе двуокись титана Ru/TiO₂-BS (где BS = Barrel-Sputtering обозначает метод нанесения катализатора сухим разбрызгиванием). Отдельные результаты исследования приведены на графиках рис. 4.

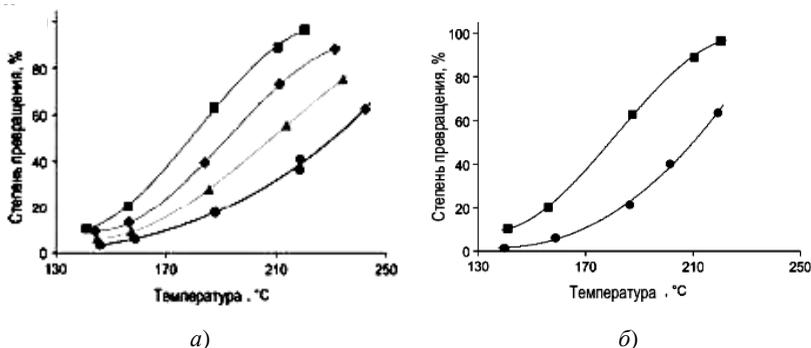


Рис. 4. Зависимости степени превращения диоксида углерода от температуры для 1 г катализатора Ru/TiO₂(0,75):
а – при скоростях течения газов 10, 15, 25 и 50 мл/мин, соответственно, на графиках, расположенных сверху вниз; *б* – при скорости течения газов 10 мл/мин, соответственно, для 1 г катализатора Ru/TiO₂(0,75) и катализатора Ru/Al₂O₃(0,8)

Второе направление развития определяет создание блочных адсорбентов и катализаторов сотового типа, получаемых нанесением катализатора на металлическую подложку [11]. Переход к блочным структурам позволяет существенно увеличить коэффициенты тепло- и массопереноса и уменьшить теплоёмкость. Дальнейшее развитие данного подхода получило при разработке катализатора на основе технологии PCI-Microlith.

Носитель для катализатора образован набором металлических сеток с малым диаметром ячейки, на которые наносится слой каталитического покрытия. При этом образуются ультракороткие каналы. Сетка-носитель обеспечивает высокие значения коэффициентов тепло- и массопереноса, низкую теплоёмкость и высокие скорости реакции при низком гидравлическом сопротивлении.

Данный тип катализатора с сеткой-носителем и платиновым покрытием применён в электролизёре системы генерации кислорода «Электрон–ВМ» с целью уменьшения напряжения разложения на ячейках.

Переход к длительным автономным полётам к планетам Солнечной системы предопределяет необходимость реализации в ИРСЖО новых технологических решений. При этом особое значение приобретает создание новых эффективных адсорбентов и катализаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Jones, Harry.** Comparison of Bioregenerative and Physical Chemical Life Support Systems / Harry Jones // SAE Technical Paper Series. – 2006. – 12 p.
2. **Регенерационные** системы жизнеобеспечения экипажей космических станций / Н. М. Самсонов, Л. С. Бобе, Л. И. Гаврилов и др. // Известия АН РФ. Сер. «Энергетика». – 2009. – № 1. – С. 61 – 68.
3. **Опыт** работы регенерационных систем жизнеобеспечения экипажей на космических станциях «Салют», «Мир» и МКС / Л. С. Бобе, Н. М. Самсонов, Л. И. Гаврилов и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2008. – № 6/1. – С. 10 – 12.
4. **Бобе, Л. С.** Перспективы развития регенерационных систем жизнеобеспечения для длительных пилотируемых полётов: предварительный анализ / Л. С. Бобе, Э. А. Курмазенко, Л. И. Гаврилов // Вестник Московского авиационного института. – 2008. – Т. 15, № 1. – С. 17 – 25.
5. **Человек** в длительном космическом полёте / под ред. О. Г. Газенко ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1974 – 360 с.

6. **Jones, H.** Mars Transit Life Support / H. Jones, M. Kliss // SAE Technical Paper Series. – 2000, #2000-01-2006 – 16 p.

7. **An Evaluation** of Advanced Material Modified with Amine for Environmental Control Systems / Atsuko Homma, Hiroaki Matsumoto, Hirochika Murase at al. // AIAA Technical Ser. Papers #2011-5080. – 2010 – 6 p.

8. **New materials** remove CO₂ from smokestacks, tailpipes and even the air. – URL : www.mikropul.de. – 2012.

9. **Carbon Dioxide Capture** from the Air Using a Polyamine Based Regenerable Solid Adsorbent // J. Am. Chem. Soc. – 2011. – N 133(50) – P. 20164 – 20167.

10. **Study** for the Reduction of Carbon Dioxide Using Sabatier Reaction. / Asuka Shima, Masato Sakurai, Shoichi Yoshihara, Yoshitsugu Sone and Mitsuru Ohnishi // AIAA Technical Ser. Papers #2010-6271. – 2010. – 6 p.

11. **Compact** and Lightweight Sabatier Reactor for Carbon Dioxide Reduction / C. Junaedi1, K. Hawley, D. Walsh at al. // AIAA Technical Ser. Papers #2011-5033. – 2011. – 10 p.

УДК 614.89

Р. Р. Мирясов, О. В. Шлямина, В. В. Уваев, Р. Х. Фатхутдинов

ОАО «КазХимНИИ», г. Казань

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОМФОРТНОСТИ РАБОТЫ В ЖАРКИХ И ХОЛОДНЫХ УСЛОВИЯХ

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата на работающих используются различные защитные мероприятия (например, системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, регламентация времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.).

К сожалению, не всегда принятые меры позволяют избежать перегрева работающих от повышенных температур. В качестве альтернативного источника охлаждения были разработаны охлаждающие текстильные конструкции, изготовленные из покровного и подкладочного слоёв, между которыми расположены элементы с порошковым полимером. В качестве охлаждающих конструкций разработаны жилет, бандана, напульсники. Перед использованием охлаждающие конст-

рукции погружают на 3 мин в холодную воду. Охлаждение происходит за счёт испарения влаги из полимера, обеспечивающего понижение температуры на 4...8° относительно температуры окружающей среды. В зависимости от температуры и влажности окружающей среды, действие охлаждающих конструкций может сохраняться от 6 до 16 ч. Количество циклов – не ограничено. Использование охлаждающих конструкций в составе изолирующего костюма предусматривается использование их поверх костюма.

Для выполнения различных работ в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) для фильтрующих и шланговых противогазов в условиях холодного климата было разработано специальное шланговое устройство нагрева воздуха с термоэлементом для нормализации дыхания. Электропитание устройства обеспечивается от автономного, носимого литий-полимерного аккумулятора, который даёт нагрев, вдыхаемого через фильтрующую коробку противогаса, воздуха на 25 °С выше окружающей минусовой температуры. Возможно регулирование степени нагрева от блока управления устройства.

Технические характеристики шлангового устройства с нагревом	
Нагрев воздуха относительно температуры окружающего воздуха, °С ...	до 25
Электропитание аккумуляторное, В	12
Потребляемая мощность, Вт	до 18
Время непрерывной работы, ч	3–4

УДК 614.895

Р. Х. Фатхутдинов, В. В. Гайдай, И. Ф. Сайфутдинова

*ОАО «Казанский химический научно-исследовательский институт»,
г. Казань*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОПРОНИЦАЕМЫХ МЕМБРАН И МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗОЛИРУЮЩЕЙ ЗАЩИТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В работе проведены исследования по разработке композиционной полимерной мембраны, обладающей высокими защитными и одновременно необходимыми физиолого-гигиеническими свойствами.

Новые задачи, выдвигаемые современными требованиями к уровню жизни, могут быть решены лишь на основе принципиально новых технологий и новых материалов. Особое место среди них занимают полимерные мембранные материалы, широко применяемые во многих отраслях промышленности [1].

Использование полимерных мембранных материалов для изготовления защитной одежды (защита от токсичного химиката и аварийно химически опасных веществ) – совершенно новое направление отечественной мембранной науки и технологии. Создание современной защитной одежды требует наличия, наряду с высокими защитными свойствами от газовой и жидкой фазы токсичного химического продукта, высоких физиолого-гигиенических характеристик [2].

С этой целью перспективно использование новых наноструктурированных материалов на основе селективно проницаемых полимерных мембран [3].

Авторами настоящей работы проведены исследования по разработке селективно-проницаемой полимерной композиционной мембраны с требуемым комплексом свойств, а именно – обеспечить требуемую защиту от токсичных химикатов при удовлетворительных физиолого-гигиенических характеристиках материала.

Ряд экспериментальных работ показал, что в качестве полимерной основы для селективно-проницаемой мембраны может быть предложена наполненная непористая (диффузионная) плёнка на основе полимера, достаточно плотного по своей структуре (предпочтительно использование жёсткоцепных полимеров) для создания препятствия прониканию токсичных и опасных веществ. В составе композиции должен присутствовать хотя бы один гидрофильный компонент, чтобы обеспечить паропроницаемость материала и, таким образом, осуществлять перенос молекул воды (водяного пара) от тела человека.

Данным требованиям более всего отвечают азотсодержащие полимеры и, прежде всего, полимеры на основе полиамидов и полиимидов. Кроме этого, среди полимеров данных классов можно выбрать обладающие комплексом следующих свойств: термостабильностью, стойкостью к действию многих растворителей и агрессивных сред, природной гидрофильностью.

В настоящей работе впервые получена полимерная композиционная мембрана, представляющая собой наполненную полимерную плёнку на основе полиамидоимида. Применение высокомолекулярной добавки, отличающейся гидрофильностью и совместимой с матричным полимером плёнки, позволило разработать композицию, обладающую высокими защитными характеристиками по парам и жидкой фазе ТХ и необходимыми для эксплуатации материала физиолого-гигиеническими свойствами (по паропроницаемости). По свойствам полученная мембрана сопоставима с образцами зарубежного производства, готова к применению без использования дополнительного сорбирующего слоя, сохраняет защитные характеристики при 100% увлажнении, а также имеет небольшой вес и толщину. Технология по-

лучения мембраны проста и экономична. С использованием данной мембраны нами разработаны мембранные материалы, пригодные для создания СИЗ нового поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Платэ, Н. А.** Мембранные технологии – авангардное направление развития науки и техники XXI века / Н. А. Платэ // Мембраны. – 2002. – № 1. – С. 2 – 12.
2. **Новые** перспективы в создании материалов для защитной одежды на базе достижений инновационных технологий / Р. Х. Фатхутдинов, В. В. Гайдай, О. Ю. Миронова и др. // Бутлеровские сообщения. – 2007. – Т. 11, № 3. – С. 9 – 37.
3. **Мулдер, М.** Введение в мембранную технологию / М. Мулдер. – Москва : Изд-во Мир, 1999. – 513 с.

УДК 623.459.6/7

В. В. Гайдай, Р. Х. Фатхутдинов, В. В. Уваев, В. Ю. Матвеева

*ОАО «Казанский химический научно-исследовательский институт»,
г. Казань*

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗОЛИРУЮЩЕГО ТИПА ПО ШПРЕДИНГОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Современные требования, предъявляемые к защитным материалам для изолирующих защитных костюмов, остро ставят вопрос о создании материалов с более широким спектром защитных свойств при меньшей массе материала. Один из способов создания новых защитных материалов с высокими защитными свойствами – сочетание каучуков с различными свойствами в процессе их послойного нанесения на ткань-основу. Послойное нанесение каучуков различной природы возможно только с использованием шпредиговой технологии, которая позволяет наносить полимерные покрытия тонкими слоями и при этом контролировать толщину наносимого слоя.

По принципу «слоеного пирога» изготовлена серия защитных материалов изолирующего типа. При выборе каучуков необходимо учитывать возможность их совместной вулканизации и химическую природу полимера. В качестве каучуков-слоев были использованы полимерные композиции на основе фторполимеров, хлорбутилкаучука и хлорсульфированного полиэтилена. При изготовлении материалов варьировались количество слоёв, а также их последовательность и толщина.

Проведёнными исследованиями установлено, что наиболее оптимальным количеством является 4 – 6 слоёв, меньшее количество не обеспечивает необходимый уровень защитных свойств, а большее количество не выдерживает эксплуатационных испытаний и нецелесообразно. Показано, что минимальное значение толщины одного полимерного слоя для включения функции именно «барьерного» слоя должна быть не менее 0,03 мм, что необходимо учитывать при изготовлении материала.

Испытаниями показано, что по защитным и эксплуатационным свойствам наиболее лучшим образцом является четырехслойный материал, в котором чередовались слои из фторполимера и хлорсульфированного полиэтилена. За счёт образовавшихся барьерных слоёв полученный материал обладает высокими защитными свойствами от химически опасных и агрессивных веществ при меньшей массе по сравнению с двухслойным материалом на основе фторполимера и бутилкаучука.

УДК 676.41

В. В. Гайдай, Р. Х. Фатхутдинов, В. В. Уваев, В. Р. Байрамова

*ОАО «Казанский химический научно-исследовательский институт»,
г. Казань*

НОВЫЙ ХИМЗАЩИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ФИЛЬТРУЮЩЕГО ТИПА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА

Многолетние работы ОАО «КазХимНИИ» по созданию химзащитных материалов фильтрующего типа позволили разработать материал УЗМ-ПВС на основе мелкодисперсного активного угля, предназначенный для изготовления респираторов-капюшонов и самоспасателей, и технологию производства этого материала на пропиточной линии опытно-промышленного производства ОАО «КазХимНИИ».

Два слоя материала УЗМ-ПВС обеспечивают защиту от паров хлора, аммиака, хлористого водорода, сернистого ангидрида при их концентрации в воздухе, соответствующей первому классу по ГОСТ Р 22.9.09–2005, на уровне не менее 20 мин.

Материал УЗМ-ПВС работоспособен в интервале температур окружающей среды от –30 °С до +40 °С, обладает низким значением сопротивления постоянному потоку воздуха при расходе 30 л/мин – не более 20 Па для двухслойного пакета материалов.

Сочетание этих характеристик позволяет эффективно использовать разработанный материал для изготовления бескоробочных само-

спасателей с развёрнутой поверхностью фильтрации, таких как само-спасатели капшонного типа «КЗУ-М» и «КЗУ-2», предназначенные для эвакуации населения из зон химического заражения, образовавшихся в результате террористических актов или техногенных аварий.

Технология производства материала УЗМ-ПВС основана на импрегнировании текстильной подложки из хлопчатобумажного волокна водной суспензией порошкового активированного угля дисперсностью не более 100 мкм. Для стабилизации суспензии в неё вводят водный раствор спирта поливинилового (ПВС) и золь кремневой кислоты в соотношении: 1 часть – уголь; 0,16 частей – ПВС; 1,7 частей – кремнезоль (кремнезоль добавляется в виде 30% раствора).

Импрегнирование производится на пропиточной линии путём погружения текстильной подложки в суспензию с последующим проходом через валки плюсовки. Скорость пропитки не менее 4 м/мин, давление валков плюсовки не более 1,2 кг. Полученный материал подвергается сушке в сушильной камере при температуре 100...110 °С. Пропитку осуществляют в два прохода.

Технология изготовления материала УЗМ-ПВС не требует использования специального оборудования, оснастки. Производство материала базируется на имеющемся опытно-промышленном оборудовании и доступном отечественном сырьё.

УДК 623.459.64

А. Г. Буянов, С. Н. Чеканов

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

**СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОГО,
ХИМИЧЕСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ,
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ**

В условиях воздействия неблагоприятных и поражающих факторов внешней среды, возникающих при эксплуатации и авариях на радиационно, химически и биологически опасных объектах используются средства индивидуальной и коллективной защиты.

К средствам индивидуальной защиты относятся: средства защиты органов дыхания – фильтрующие респираторы и противогазы, изолирующие дыхательные аппараты; средства защиты кожи – комплекты защитной одежды фильтрующего и изолирующего типа; средства защиты глаз – защитные очки и плёночные средства защиты глаз.

При выборе средств индивидуальной защиты для использования в конкретной ситуации крайне важным является оценка прогнозируемых параметров внешней среды, а при использовании средств – контроль её состояния.

Изолирующие дыхательные аппараты предназначены для защиты органов дыхания, лица и глаз от любой вредной примеси в воздухе независимо от её концентрации, а также в условиях недостатка или отсутствия кислорода и при наличии вредных примесей, не задерживаемых фильтрующими средствами.

Комплексное применение изолирующего костюма и изолирующего дыхательного аппарата обеспечивает надёжную защиту пользователя от воздействия источников радиационного, химического и биологического заражения в широком спектре их влияния на внешнюю среду.

Использование в комплекте с изолирующим костюмом изолирующего дыхательного аппарата выдвигает целый ряд требований к конструкции и эксплуатационным характеристикам последнего. В числе данных требований: полная сочетаемость с костюмом, минимальные вес и габариты, минимальное сопротивление дыханию, параметры дыхательной смеси близкие к обычному атмосферному воздуху, отсутствие ограничений по выполнению пользователем движений в аппарате и т.д.

В настоящее время наиболее широко используются в комплекте с изолирующими костюмами изолирующие дыхательные аппараты со сжатым воздухом. К достоинствам данного класса аппаратов относятся: хорошие эргономические условия дыхания, наличие индикации состояния и степени отработки аппарата, возможность перерывов в работе с последующим повторным включением, возможность многократного использования после перезарядки.

Возможно также использование в комплекте с изолирующим костюмом изолирующих дыхательных аппаратов на сжатом кислороде и на химически связанном кислороде, имеющих при меньшей массе более продолжительное время работы по сравнению с воздушными.

Основными направлениями совершенствования изолирующих дыхательных аппаратов для использования в условиях радиационного, химического и биологического заражения являются:

- повышение надёжности;
- обеспечение оптимального по медицинским требованиям содержания газовой дыхательной смеси;
- улучшение эргономических характеристик;
- обеспечение возможности диагностики состояния аппарата при эксплуатации;
- применение новых более лёгких, прочных и стойких конструкционных материалов.

**СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ПОДЗЕМНОГО
ПЕРСОНАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ – СОВРЕМЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
С УЧЁТОМ МИРОВОГО ОПЫТА**

ОАО «Корпорация «Росхимзащита» на протяжении многих лет разрабатывает средства защиты органов дыхания с химически связанным кислородом в интересах различных отраслей промышленности, в том числе угольной и горнодобывающей. Система самоспасения подземного персонала шахт в аварийных ситуациях представляет собой совокупность технических средств и организационных мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий при выходе подземного персонала из выработок с непригодной для дыхания атмосферой или пребывании в них до восстановления нормального режима проветривания. Высокая эффективность организации самоспасения людей в случае возникновения аварийной ситуации может быть достигнута за счёт совместного применения различных технических средств самоспасения на разных ступенях выхода в безопасную зону и их взаимного резервирования по маршруту движения.

К настоящему времени наметилось серьёзное отставание в построении систем самоспасения, используемых на отечественных шахтах, по сравнению с мировым уровнем. В настоящее время на зарубежных шахтах применяются изолирующие самоспасатели с химически связанным кислородом с временем защитного действия (ВЗД) 30, 60, 90 и более минут в совокупности с другими средствами самоспасения (пунктами переключения, средствами коллективной защиты). В то время как в России для оснащения шахт выпускаются самоспасатели только одного вида – типа ШСС с ВЗД 60 мин. Применение самоспасателей одного типоразмера ограничивает тактику и возможности самоспасения шахтёров и горнорабочих при авариях ввиду их большой массы.

На основании анализа организации защиты шахтёров в мировой практике и с учётом собственного опыта предлагается построение многоуровневой системы самоспасения подземного персонала шахт, в которую должны входить следующие технические средства: самоспасатель с ВЗД 30 мин; пункты переключения, укомплектованные самоспасателями с ВЗД 60 и 90 мин и изолирующими респираторами с ВЗД 60 мин; средства коллективной защиты подземного персонала угольных шахт. Для эффективного действия предлагаемой многоуровневой системы самоспасения необходимо внедрение тренажёрного комплекса по обучению и овладению устойчивыми навыками исполь-

зования средств защиты, включающего: тренажёры, имитирующие порядок включения в самоспасатели; тренажёры, имитирующие условия дыхания в самоспасателях; виртуальные тренажёры, создающие виртуальные картины работы в шахте.

Для внедрения многоуровневой системы самоспасения необходимо разработать комплекс современных средств защиты органов дыхания различного типа, соответствующих мировому уровню и имеющих улучшенные эргономические характеристики, наработки по которым имеются в ОАО «Корпорация «Росхимзащита».

Внедрение указанной системы самоспасения и разработка комплекса средств защиты позволит многократно сократить потери персонала шахт при авариях.

УДК 614.894

С. В. Гудков, М. В. Новикова

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПЕРСОНАЛА, ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В настоящее время в мире происходят тысячи химических аварий при производстве, хранении, транспортировке аварийно химически опасных веществ. Наибольшее число аварий в мире и в России происходит на предприятиях, производящих или хранящих хлор, аммиак, минеральные удобрения, гербициды, продукты органического и нефтеорганического синтеза. В настоящее время актуальной задачей является создание нового дыхательного аппарата, превосходящего по характеристикам штатные средства защиты и предназначенного для защиты от ингаляционных поражений персонала промышленных предприятий. Анализ информации по зарубежным аппаратам с химически связанным кислородом показывает, что ведущие позиции на рынке производителей таких аппаратов занимают фирмы Draeger Sicherheits-technik GmbH (Германия), Auergesellschaft GmbH (Германия), MSA (США), ДЗГА (г. Донецк, Украина), Sperian Protection (Франция).

В порядке реализации «Основ государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу» в рамках государственного контракта № 9411.1007500.13.978 ОАО «Корпорация «Росхимзащита» ведёт разработку двух новых аппаратов: ИДА-ХС и ИФА.

Изолирующий дыхательный аппарат ИДА-ХС обеспечивает защиту в широком диапазоне концентраций и номенклатурного состава токсичных веществ, в том числе в среде с высокой объёмной долей

газообразного хлора, аммиака и сероводорода, и в условиях переменной, неопределённой химической обстановки. Аппарат ИДА-ХС по своим техническим характеристикам превосходит штатное средство защиты – изолирующий противогаз ИП-4МК и обеспечивает защиту от газообразных токсичных веществ при их содержании в окружающей среде до 90% об. В состав аппарата ИДА-ХС входят: лицевая часть, регенеративный патрон, дыхательный мешок, сумка.

Изолирующе-фильтрующий аппарат ИФА – универсальный дыхательный аппарат, сочетающий преимущества как фильтрующего, так и изолирующего средства. В нашей стране в настоящее время не выпускается подобный аппарат. За рубежом всё больше фирм уделяет внимание созданию универсального аппарата. Он сочетает в себе положительные качества как фильтрующего (более комфортные условия дыхания), так и изолирующего средства (надёжную защиту в различных ситуациях). Переход между режимами фильтрации и изоляции в заражённой атмосфере пользователь производит без снятия лицевой части. Конструкция такого аппарата обеспечивает многократное его использование при условии замены выработавших свой ресурс составных частей и проведения периодического технического обслуживания. В состав аппарата входят: лицевая часть, фильтрующе-поглощающая коробка (ФПК), регенеративный патрон, блок переключения режимов, дыхательный мешок, датчик отработки, воздухопроводы, футляр, сумка, комплект инструмента и принадлежностей.

Внедрение этих аппаратов существенно повысит уровень защищённости промышленного персонала химически опасных производств и аварийно-спасательных формирований в случае возникновения техногенных аварий при проведении им аварийно-спасательных и неотложных восстановительных работ в условиях неопределённой химической обстановки.

УДК 629.7.0

А. М. Иванов¹, А. А. Третьяков², М. П. Оневский²

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

СТРУКТУРА ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИМИТАЦИИ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Индивидуальные дыхательные аппараты (ИДА) для защиты органов дыхания изолирующего типа с химически связанным кислородом используются в экстремальных ситуациях в различных областях.

Поскольку испытание ИДА на людях в силу многих причин возможно лишь в ограниченном объёме и в ряде случаев небезопасно, поэтому основным средством для проведения испытаний средств изолирующих защиты органов дыхания (СИЗОД), а также их отдельных узлов, являются системы имитации внешнего дыхания человека, получившие в специальной литературе название установки «Искусственные лёгкие» (ИЛ).

В данной работе рассматривается автоматизированный комплекс ИЛ, в котором имитация потребления кислорода осуществляется путём сброса в атмосферу рассчитываемого объёма газовой воздушной смеси (ГДС) с одновременной подачей азота и диоксида углерода в тех количествах, которые удаляются при сбросе ГДС в атмосферу [1]. Предполагается, что в ИЛ циркулирует трёхкомпонентная смесь газов O_2 , CO_2 , N_2 . Для сброса ГДС и для подачи азота и диоксида углерода в данном комплексе предполагается использовать поршневые дозаторы с линейными электрическими приводами. Эти устройства должны работать синхронно с приводом имитатора дыхания, который воспроизводит различные пневмотахограммы дыхания (синусоидальную, треугольную, трапецеидальную и др.) с заданной частотой и глубиной, причём сброс ГДС и подача соответствующих газов производится на фазе вдоха. Поскольку при испытаниях ИДА в комплексе ИЛ измерения концентраций вдыхаемых и выдыхаемых газов производится газоанализаторами, обладающими некоторым запаздыванием и ошибками, в системе управления ИЛ целесообразно предусмотреть прогнозирование концентраций газов и объёмов сброса и подачи в имитатор дыхания соответствующих газов на определённый интервал времени. Кроме того, необходимо обеспечить точное воспроизведение объёмов сброса ГДС и подачи азота и диоксида углерода на каждом цикле вдоха-выдоха. При неточном воспроизведении данных объёмов с течением времени накапливаются ошибки, которые приводят к неадекватной имитации потребления кислорода и снижают качество проведённых испытаний ИДА.

Упрощённая структурная схема прогнозирующей системы управления комплексом «Искусственные лёгкие» приведена на рис. 1.

Процесс функционирования системы разбивается на циклы. На каждом цикле коррекции необходимых объёмов сброса ГДС и подачи CO_2 и N_2 осуществляется прогнозированием состояния системы на определённом интервале времени T . На основании заданного режима испытаний (частоты n , глубины V_d и коэффициента дыхания K_d , вида пневмотахограммы ПТГ и потока $W_{CO_2}(0)$, имитирующего выделение человеком диоксида углерода) и измеренных значений концентраций вдыхаемых газов $C_{CO_2}^{вд}$ и $C_{O_2}^{вд}$ задающая подсистема формирует

в функции времени заданные значения объёмов сброса ГДС $V_{ГДС}^{зад}(t)$ и подачи газов $V_{CO_2}^{зад}(t)$, $V_{N_2}^{зад}(t)$. Эти заданные значения объёмов газов и текущий вектор состояния системы (X_1, X_2, X_3) используются в алгоритмах соответствующих подсистем управления для определения управляющих сигналов u_1, u_2, u_3 исполнительными механизмами ИМ1, ИМ2, ИМ3, непосредственно удаляющими ГДС и подающими CO_2 и N_2 .

Для построения алгоритмов управления исполнительными механизмами, обеспечивающих минимизацию ошибок воспроизведения заданных объёмов газов и минимизацию энергетических затрат на управление, целесообразно воспользоваться методом аналитического

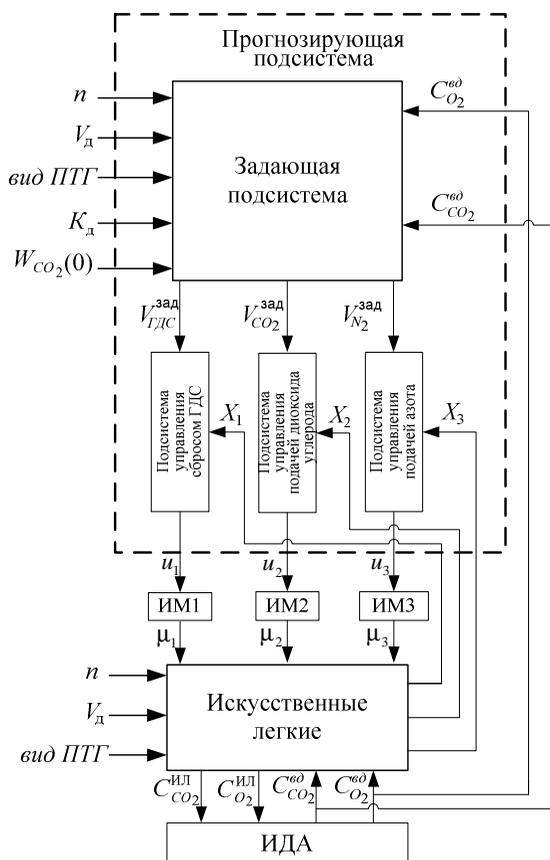


Рис. 1. Структурная схема системы управления комплексом «Искусственные лёгкие»

конструирования оптимальных регуляторов по критерию обобщенной работы [2]. На основе данного метода разработаны алгоритмы оптимального управления нелинейными динамическими объектами, способные функционировать в реальном масштабе времени. При использовании прогнозирующего алгоритма на скользящем интервале оптимизации с вычислением матрицы чувствительности [3] можно добиться высокого качества управления. Однако, при интенсивных изменениях концентраций вдыхаемых ИЛ газов практическая реализация данного алгоритма потребует использования быстродействующих газоанализаторов и контроллеров.

Блок-схема алгоритма оптимального управления, обеспечивающего минимизацию ошибок воспроизведения заданных объёмов газов и энергетических затрат представлена на рис. 2. Предложены также алгоритмы управления сбросом ГДС и подачей CO_2 и N_2 .

Функционирование алгоритма осуществляется следующим образом. На каждом цикле коррекции управлений информация о переменных состояния объекта управления (сигналы с измерителей) поступают в систему оценивания, где осуществляется оценка вектора состояния системы (фильтрация шумов и восстановление координат вектора x , не доступных измерению). Оценки вектора состояния \hat{x} , \hat{y} поступают в прогнозирующую модель.

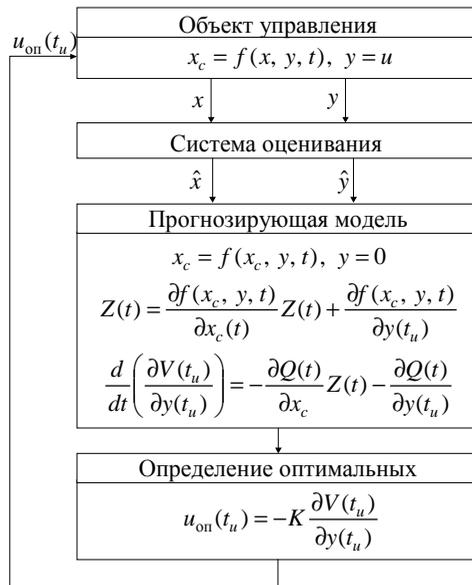


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления

Управляющие сигналы для объекта вычисляются в моменты времени t_u с периодичностью $\Delta t_{\text{ц}}$, где $\Delta t_{\text{ц}}$ – цикл коррекции управлений. Оптимальное управление $u_{\text{оп}}(t_u)$ вычисляется на каждом цикле путём интегрирования на интервале $(t_u, t_u + T)$ уравнений прогнозирующей модели.

Рассмотрим реализацию алгоритма управления на примере подсистемы сброса ГДС. Математическая модель объекта управления имеет вид [4]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV_{\text{ГДС}}}{dt} &= S_{\text{п}} \vartheta \rho \sin(2\pi n t); \\ \frac{d\vartheta}{dt} &= \frac{1}{T_{\text{ИМ1}}} (-\vartheta + k_{\text{ИМ1}} \mu_{\text{пер}}), \quad |\vartheta| \leq \vartheta^{\text{max}}; \\ \frac{d\mu_{\text{пер}}}{dt} &= u_1, \quad |\mu_{\text{пер}}| \leq \mu_{\text{пер}}^{\text{max}}; \\ X_{\text{п}} &= V_{\text{ГДС}} / S_{\text{п}}, \end{aligned} \right\}$$

где $V_{\text{ГДС}}$ – объём ГДС, удаляемый из системы на фазе вдоха; ϑ – скорость движения штока линейного привода; $\mu_{\text{пер}}$ – управляющий сигнал; u_1 – скорость изменения управляющего сигнала (управление); $S_{\text{п}}$ – площадь поршня поршневого дозатора; $X_{\text{п}}$ – координата положения штока поршневого дозатора сброса ГДС; $T_{\text{ИМ1}}$, $k_{\text{ИМ1}}$ – параметры модели привода.

Минимизируемый критерий качества управления объектом принимается в виде

$$I = \frac{1}{2} \int_{t_u}^{t_u+T} \left[\alpha (V_{\text{ГДС}} - V_{\text{ГДС}}^{\text{зад}})^2 + \beta (\dot{V}_{\text{ГДС}})^2 \right] dt + \frac{1}{2} \int_{t_u}^{t_u+T} (k^{-1} u^2 + k^{-1} u_{\text{оп}}^2) dt,$$

где α , β – весовые коэффициенты, варьируя которые можно обеспечить заданное качество переходного процесса; k – коэффициент эффективности управлений.

Оптимальное управление определяется выражением

$$u_{\text{оп}}(t_u) = -k \frac{\partial V(t_u)}{\partial \mu_{\text{пер}}(t_u)}.$$

Прогнозирующая модель состоит из уравнений свободного движения объекта вида

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV_{\text{ГДС}}}{d\tau} &= S_{\text{п}} \vartheta \pi \sin(2\pi n t); \\ \frac{d\vartheta}{d\tau} &= \frac{1}{T_{\text{ИМ1}}} (-\vartheta + k_{\text{ИМ1}} \mu_{\text{пер}}); \\ \frac{d\mu_{\text{пер}}}{d\tau} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

и уравнений чувствительности вида

$$\left. \begin{aligned} \frac{dZ_1}{d\tau} &= S_{\text{п}} \pi \sin(2\pi n t) Z_2; \\ \frac{dZ_2}{d\tau} &= -\frac{1}{T_{\text{ИМ1}}} Z_2 + \frac{k_{\text{ИМ1}}}{T_{\text{ИМ1}}}, \end{aligned} \right\}$$

где $Z_1 = \frac{\partial V_{\text{ГДС}}}{\partial \mu_{\text{пер}}}$, $Z_2 = \frac{\partial \vartheta}{\partial \mu_{\text{пер}}}$ – функции чувствительности, из уравнения для частной производной функции Ляпунова вида

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial V}{\partial \mu_{\text{пер}}} \right) = -\alpha (V_{\text{ГДС}} - V_{\text{ГДС}}^{\text{зад}}) Z_1 - \beta \dot{V}_{\text{ГДС}} S_{\text{п}} \pi \sin(2\pi n t) Z_2.$$

Имитационные исследования работоспособности алгоритма управления сбросом ГДС показали высокую точность системы управления комплексом ИЛ и способность эффективно парировать действующие возмущения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гудков, С. В.** Совершенствование методики испытания изолирующих дыхательных аппаратов с химически связанным кислородом / С. В. Гудков, Д. С. Дворецкий, А. Ю. Хромов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 589 – 597.
2. **Красовский, А. А.** Универсальные алгоритмы оптимального управления непрерывными процессами / А. А. Красовский, В. Н. Буков, В. С. Шендрик. – Москва : Наука, 1977. – 274 с.
3. **Буков, В. Н.** Адаптивные прогнозирующие системы управления полётом / В. Н. Буков. – Москва : Наука ; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 232 с.
4. **Математическое** моделирование дыхания человека / В. А. Погонин, А. М. Иванов, П. М. Оневский, Е. В. Шишов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 973 – 980.

Секция 2

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ОПЫТНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДСТВ И СИСТЕМ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ, СРЕДСТВ ИНДИКАЦИИ И ХИМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

УДК 614.7./8

А. А. Фомкин¹, А. Ю. Цивадзе¹, И. А. Смирнов², К. О. Мурдмаа¹

¹*ФГБУН Институт физической химии и электрохимии
им. А. Н. Фрумкина РАН, г. Москва;*

²*ФГБУН ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН,
г. Москва*

АКТИВНЫЕ ГАЗОВЫЕ ДЫХАТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ И ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Изменение состава вдыхаемого воздуха при нахождении человека в экстремальных ситуациях влияет на его физическое состояние и здоровье. Насыщаемость кислородом крови пульмонологических больных может быть увеличена за счёт изменения физико-химических свойств дыхательной смеси, получаемой при адсорбционном разделении воздуха на молекулярных ситах. Совместно с ГНЦ РФ ИМБП РАН под руководством академика А. И. Григорьева разработан новый процесс и созданы установки для получения кислорода из воздуха методом коротко-цикловой безнагревной адсорбции (КБА) на молекулярных ситах с составом: 90% O₂ + 10% Ag. Эксперименты, проведённые на эмбрионах японского перепела в среде адсорбционного кислорода, показали, что они развиваются быстрее и патологических отклонений меньше, чем при использовании кислорода, получаемого криогенным способом.

Для поддержания дыхательной функции пульмонологических больных, в том числе страдающих социально значимыми заболеваниями (например, астма), разработаны адсорбционные аккумуляторы кислорода и кислород-аргоновых газовых смесей, которые превосходят в десятки раз содержание компримированного кислорода.

Существующие анестезиологические препараты часто влияют на деятельность высшей нервной системы, системы дыхания и других систем человека. Инертный газ ксенон является «мягким» анестетиком, у которого отсутствуют негативные последствия применения, однако он дорог. Совместно с ООО «Акела-Н» проведены исследования и разработан макетный вариант адсорбционной системы улавливания ксенона и проведены его испытания непосредственно в комплекте стандартного анестезиологического оборудования.

Для ранней диагностики заболевания диабетом разработаны новые селективные нанопористые адсорбенты и проведены исследования основных закономерностей селективной сорбции компонентов выдыхаемого воздуха. Показана перспективность развиваемого подхода к ранней диагностике социально значимых заболеваний.

УДК 661.183.2.

С. Д. Колосенцев, В. В. Самонин

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», г. Санкт-Петербург

СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ В РОССИИ

Производство активированных углей в России, как основного компонента средств индивидуальной и коллективной защиты органов дыхания, в настоящее время не обеспечивает потребности страны как по объёму, так и по качеству продукции.

Использование для этих целей импортных углей снижает национальную безопасность страны.

Восстановление и развитие угольных производств в России следует рассматривать в комплексе проблем, связанных с необходимостью развития производств по разделению углеводородного сырья, по получению синтетических полимерных материалов и решения экологических проблем по защите человека и окружающей среды. Разработки отечественных учёных и технологов и опыт зарубежных производителей показывает возможность увеличения производства активных углей высокого качества (по объёму микропор и механической прочности) на базе отечественных видов сырья (каменный уголь, торф, древесина, лигнин, отходы целлюлозно-бумажной промышленности и нефтепереработки) с использованием современных технологических способов их переработки. Для решения этой проблемы требуется создание государственной программы развития производства активированного сырья как продукции стратегического значения.

УДК 541.183.2

В. М. Мухин, С. Н. Соловьев

ОАО «ЭНПО «Неорганика», г. Электросталь Московской обл.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АКТИВНЫЕ УГЛИ КАК ОСНОВА ДЛЯ КАТАЛИЗАТОРОВ И ХЕМОСОРБЕНТОВ

До настоящего времени в серийном производстве в качестве основы противоголового катализатора использовался активный уголь из каменноугольного сырья.

Сравнительные характеристики катализаторов

Производство	Марка	Технические характеристики			
		Размер зёрен, мм	Прочность, %	Сопротивление, мм. вод. ст.	Время защитного действия по НОВ, мин; $C_0 = 5,0$ мг/дм $L = 3,0$ см
Отечественный катализатор	К-МеКС-4	0,5...1,5	88,3	21,3	45
Импортные	S-12	0,5...2,0	75	28,0	38
	PLWK	0,5...1,5	75	27,5	38
	ASZM-TEDA	0,5...2,0	87,7	22,9	32

Такой уголь имеет ряд недостатков: недостаточная механическая прочность и недостаточный суммарный объём пор, особенно, микропор.

Перспективным является использование в качестве основы пропивогазового катализатора скорлупы орехов и косточек плодов.

В рамках работ по теме «ЭКОС-Р» разработаны технологии получения активного угля ВСК на основе скорлупы кокосового ореха, активного угля типа МеКС на основе косточек персиков и абрикосов.

На основе полученных экспериментальных данных и в соответствии с регламентом ПТР 7837-365-04838763–2009 изготовлена и испытана установочная партия катализатора К-МеКС-4 в количестве 50 кг и передана на снаряжение изделий. Было показано, что установочная партия катализатора К-МеКС-4, изготовленная на основе активного угля, полученного из уплотнённого растительного сырья, обладает высокой активностью по нестойким отравляющим веществам (НОВ) – 45 мин и удовлетворяет требованиям ТУ 7837-364-04838763–2009.

Проведено сравнение катализатора К-МеКС-4 с зарубежными аналогами, результаты приведены в таблице. Как видно из приведённых данных, новый катализатор К-МеКС-4 имеет адсорбционную ёмкость, выраженную во времени защитного действия (ВЗД), на 9% выше зарубежных, а по прочности превосходит их на 14%.

Технология получения катализатора К-МеКС-4 передана в производство.

КОНВЕРСИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ И ХЕМОСОРБЕНТОВ

В настоящее время стремительно расширяются области применения адсорбционных технологий на основе активных углей (АУ). Это обусловлено тремя причинами: во-первых, активные угли позволяют решить наиболее острые проблемы защиты биосферы от вредных выбросов; во-вторых, они обеспечивают высокую чистоту веществ, материалов и продуктов; в-третьих – способствуют внедрению интенсивных технологий производства.

В России основной сырьевой базой для производства углеродных сорбентов по-прежнему остаётся ископаемое каменноугольное сырьё различных стадий метаморфизма: от бурых углей до антрацитов, главные запасы которых сосредоточены в Кузбассе.

Основные направления совершенствования технологии АУ на каменноугольной основе:

- низкочольное исходное сырьё (3,2% вес.);
- применение химических модификаторов;
- применение твёрдых связующих (пеков);
- совершенствование методов шихтования сырья;
- снижение скорости нагрева на стадии карбонизации до 10...20 °С/мин.

Для реализации новых технологий получения АУ следует двигаться по двум направлениям: конверсия действующих производств и строительство новых предприятий, привязанных к источникам сырья.

Известно, что 35...40% мирового производства АУ идёт на питьевое водоснабжение, а в чрезвычайных ситуациях без его применения просто не обойтись (пример, при загрязнении р. Амур нитрофенолом в декабре 2005 года). На основе каменного угля марки СС Беловского разреза разработана технология получения активного угля марки «Гидросорб» для озono-сорбционной очистки питьевой воды, который успешно внедрён на Рублёвской водопроводной станции г. Москвы (объём внедрения 1500 т). На основе каменноугольного полукокса Ленинск-Кузнецкого завода полукоксования разработан адсорбент для системы улавливания паров бензина (СУПБ) с рациональной пористой структурой марки УСК-ДБ. Объём реализации автомобильных адсорберов автотропомом по настоящее время составил 800 тыс. шт. на сумму 220 млн. р., что позволило уловить 7000 т бензина.

Одной из важнейших разработок, реализованных на базе конверсии производства противогрибковых АУ, является создание адсорбентов для гидрометаллургии золота марок АГ-90 и АГ-95, АГ-2000. Эта разработка имеет как экологическое, так и экономическое направление. Особый класс сорбентов для пищевой промышленности на основе скорлупы и косточек плодов реализован в опытном заводе ОАО «ЭНПО «Неорганика». Их применение дало выдающиеся результаты в обработке сортировок в производстве водки.

Высокие технологии настоящего века (производство печатных плат, электроника, система жизнеобеспечения и др.), а также разные аспекты эндэкологии человека (гемо- и энтеросорбция) требуют особо чистых углей с содержанием зольных примесей не более 1% масс. и сверхвысокой прочностью. И здесь не обойтись без полимерных материалов для получения АУ.

Больших объёмов потребует в перспективе новая область сорбционных технологий: детоксикация почв и получение экологически чистой пищи. Это активные угли класса «Агросорб», «Птицесорб» и др. Применение таких сорбентов гораздо шире, чем только сельхозугодия: это защита открытых водоисточников как мест водоснабжения городов, блокировка сточных вод свалок и полигонов, сохранение биоресурсов водоёмов и т.п.

УДК 661.183.2

Е. А. Лагунова, Н. И. Богданович, Л. Н. Кузнецова, С. А. Цаплина

*ФГБОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет
им. М. В. Ломоносова», г. Архангельск*

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ АДСОРБЕНТОВ ИЗ ЧЁРНОГО ЩЁЛОКА В ПРИСУТСТВИИ СУЛЬФАТА НАТРИЯ

Промышленность химической переработки древесины отличается сравнительно невысоким коэффициентом использования сырья и является одним из агрессивных нарушителей экологического равновесия. Основную часть отходов, накапливающихся в огромных количествах, составляют так называемые технические лигнины.

В отличие от других видов сульфатный лигнин не является производственным отходом. На сульфат-целлюлозных заводах отработанные чёрные щёлоча, как правило, после упаривания и съёма сульфатного мыла сжигают в содорегенерационных агрегатах с целью регенерации щёлочи и серы, а также утилизации тепла от сжигания органи-

ческой части [1]. Доказана техническая возможность и экономическая целесообразность частичного отбора сульфатного щёлока, идущего на регенерацию, с целью выделения отдельных составляющих его компонентов [2]. Одним из способов переработки чёрного щёлока с получением углеродных адсорбентов является пиролиз.

Из литературных источников известно о возможности использования сульфата натрия в качестве активирующего агента при пиролизе технических лигнинов [3]. В процессе исследования дана оценка возможности получения аналогичным образом активных углей из чёрных щёлоков. Сульфат натрия в температурной области 800...840 °С, оптимальной с точки зрения синтеза углеродных адсорбентов, активно реагирует с углеродным остатком, в результате чего формируется развита пористая структура [4].

Проведены исследования пиролиза чёрного щёлока в режиме химической активации с получением активных углей. Исходный щёлок с содержанием сухих веществ 71...72% смешивали с расчётным количеством сульфата натрия в пересчёте на абсолютно сухие вещества, выпаривали и высушивали при температуре 105 °С. Высушенные щёлока подвергали пиролизу. Полученные угли исследованы на сорбционную активность по двум основным сорбатам: метиленовый голубой и йод.

Как видно на рис. 1, максимальные значения сорбционных свойств углей приходится на интервал температур от 800 до 840 °С, выход угля остаётся на уровне 2,5%. Поэтому дальнейшие исследования влияния дозировки сульфата натрия и продолжительности пиролиза на выходные параметры проводили при 800 и 840 °С (рис. 2, 3).

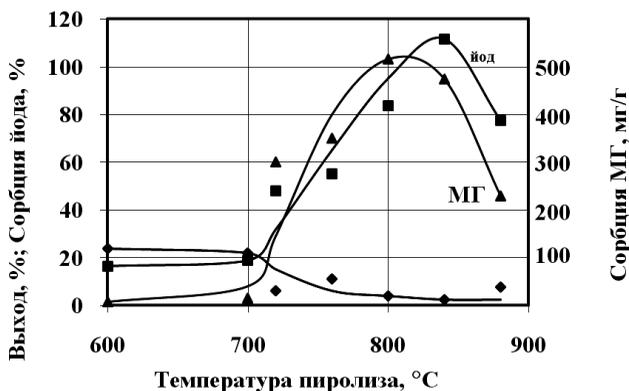


Рис. 1. Влияние температуры пиролиза на выход и сорбционные свойства угля

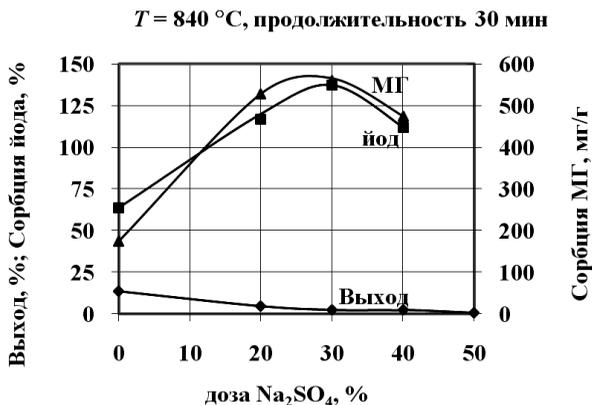
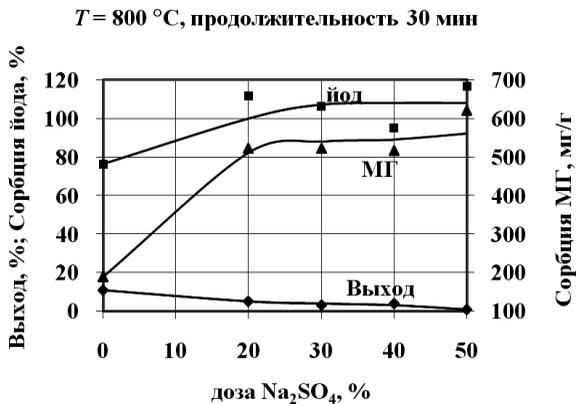


Рис. 2. Влияние дозировки сульфата натрия на выход и сорбционные свойства угля

Полученные экспериментальные данные использованы для получения уравнения регрессии. Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в табл. 1.

В общем виде искомая по плану второго порядка математическая (статистическая) модель достаточно надёжно аппроксимируется уравнением

$$y_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2.$$

Рассчитанные коэффициенты данного уравнения приведены в табл. 2.

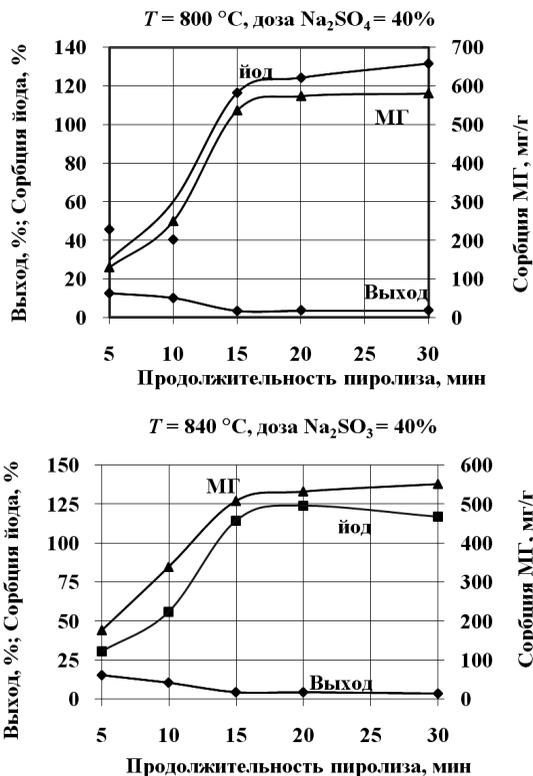


Рис. 3. Влияние продолжительности пиролиза на выход и сорбционные свойства угля

1. Уровни факторов и интервалы варьирования параметров

Характеристики плана	Переменные факторы		
	дозировка Na ₂ SO ₄ X ₁ , % к а.с.щ.	температура пиролиза X ₂ , °C	продолжительность пиролиза X ₃ , мин
Центр эксперимента x _i ^o	45	780	30
Шаг варьирования λ _i	8,9	40	10
Уровни факторов:			
-1,682 (-α)	30	713	13
-1	36,1	740	20
0	45	780	30
1	53,9	820	40
1,682 (+α)	60	848	47

2. Рассчитанные коэффициенты уравнения

Выходные параметры	Код	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
Выход органической части угля, %	y_1	6,96	-0,90	-6,71	-2,48	-1,52	-1,62	2,25	-	3,38	1,60
Сорбция МГ, мг/г	y_2	483,4	-19,3	119,7	31,2	-	-	-26,2	-40,3	-52,8	-20,9
Сорбция йода, %	y_3	126,3	-15,1	32,2	14,4	-	-	-	-12,0	-10,8	-10,4
Зольность угля, %	y_4	1,06	-	-0,11	-	-	-0,37	-	0,09	0,28	0,16

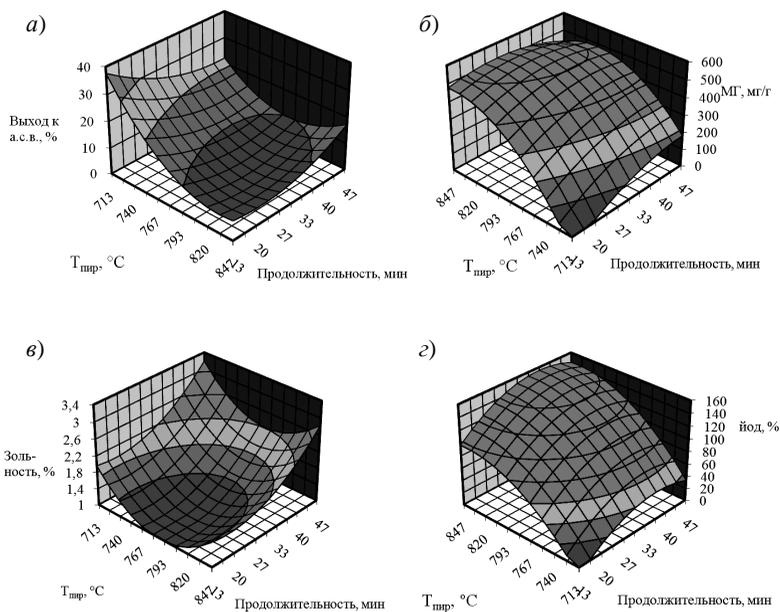


Рис. 4. Влияние условий процесса на:

а – выход отмытого угля, % от органической части чёрного щёлока;

б – осветляющую способность по метиленовому голубому, мг/г;

в – зольность угля, %; *з* – сорбционную активность угля по йоду, %

Анализ экспериментальных данных показал, что оптимальными параметрами пиролиза чёрного щёлока являются: температура 800 °С, дозировка сульфата натрия 40%, продолжительность пиролиза 30 мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Непенин, Ю. Н.** Технология целлюлозы. В 3-х томах. Т. 2. Производство сульфатной целлюлозы / Ю. Н. Непенин. – Москва : Лесная промышленность, 1990. – 600 с.
2. **Мосягин, В. И.** Вторичные ресурсы целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности / В. И. Мосягин. – Москва : Лесная промышленность, 1987. – 200 с.
3. **Tosaka, K.** Исследования по регенерации химикатов и получению активированных веществ из отработанных варочных щёлоков. 2. Использование отработанного щёлока от варки сульфатной целлюлозы из древесины мягких пород / K. Tosaka // Камина гикеси. – 1975. – Т. 29, № 6. – С. 316 – 323.
4. **Богданович, Н. И.** Ресурсоснабжение и повышение экологической безопасности предприятий химико-лесного комплекса с применением пиролиза : дис. ... д-ра техн. наук / Н. И. Богданович. – Архангельск : АГТУ, 1998.

УДК 678.0

**С. Б. Путин, Н. Ф. Гладышев, Т. В. Гладышева,
Ю. А. Ферапонтов, Л. Л. Ферапонтова**

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СИСТЕМ РЕГЕНЕРАЦИИ И ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОБИТАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

В развитии современной технологии одним из основных направлений является разработка новых способов, приёмов, методов, позволяющих снизить расход исходных материалов и энергоресурсов, получить материалы с требуемыми техническими характеристиками.

В настоящее время в мире интенсивно развиваются технологии создания полимерно-неорганических композиционных материалов. Данное направление открывает возможности разработки новых материалов, сочетающих комбинацию свойств полимерной матрицы (гибкость, устойчивость к механическим воздействиям и др.) и функционального наполнителя.

Для получения композиционных материалов с заданными свойствами нами разработаны две технологии:

1. Технология непосредственного синтеза целевого продукта на стекловолокнистой матрице, которую можно рассматривать как неорганический полимер. При этой технологии синтезируемое вещество химически взаимодействует с материалом матрицы и прочно закрепляется на ней.

2. Технология формования мелкодисперсных частиц адсорбента в элементы требуемой геометрической формы с помощью связующего. В качестве связующего использовали растворимый полимер.

По первой технологии синтезировали надпероксид калия на стекловолокнистой матрице. При этом сократилось число технологических стадий до двух вместо пяти-шести при традиционном производстве, в разы сократились вредные выбросы. Повысились и потребительские свойства. Увеличилась механическая прочность, что позволило отказаться от фильтров в изделиях, в которых применяются аналогичные продукты. На 30% увеличилась сорбционная ёмкость, что позволяет уменьшить массу продукта в изделиях. Микрофотографии синтезированного продукта представлены на рис. 1.

Характеристики продукта разработанного продукта в сравнении с серийно выпускаемыми материалами аналогичного назначения представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, новый композиционный материал существенно превосходит известные регенеративные продукты по сорбционной ёмкости.

По второй технологии имеется возможность получения всех на сегодня известных форм сорбентов: гранул, листов, блоков.

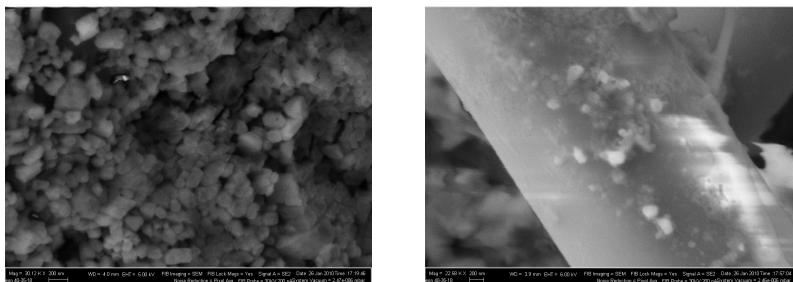


Рис. 1. Микрофотографии регенеративного продукта на стекловолокнистой матрице:

а – общий вид под электронным сканирующим микроскопом (увеличение 100 раз); *б* – нанокристаллы надпероксида калия на стекловолокне (увеличение 1000 раз)

1. Сравнительные характеристики регенеративного продукта различных производителей

Наименование (страна производитель)	Форма	Сорбционная ёмкость по CO ₂ , л/кг
Dräger (Германия)	Таблетки	≈ 90
Auer (Германия)	Гранулы	≈ 85
L'AirLiquide (Франция)	Таблетки	90
Norinco (Китай)	Гранулы, таблетки	80
Molecular (Великобритания)	Гранулы	90
ПРТ-9П (Россия)	Таблетки	80...90
ПРТ-9ПМ (Россия)	Таблетки	80...90
ОКЧ-3М (Россия)	Гранулы	70...90
ОКЧ-1 (Россия)	Гранулы	80...95
Регенеративный продукт на стекловолоконной матрице (Россия)	Пластины	130

Способ получения композиционных сорбционно-активных материалов состоит в диспергировании порошка сорбента (гидроксид кальция, цеолиты различных марок и др.) в раствор фторполимера.

Полученную дисперсию или наносили на полимерную основу, в качестве которой использовали различные тканые, нетканые, или пористые материалы с низкой поверхностной плотностью (спанбонд, полимерные сетки и др.) для получения листовых материалов, или распыляли для образования гранул или отливали в заранее заготовленные формы для получения блоков. Растворитель удаляли, выдерживая образцы при температуре от 50 до 80 °С при атмосферном давлении или под вакуумом. После термообработки образцы активировали различными способами в зависимости от назначения.

Внешний вид образцов показан на рис. 2.

Микрофотографии композиционного сорбента представлены на рис. 3.

Как можно видеть исходный адсорбент – наполнитель прочно закреплён в матрице – связующем, основа матрицы (фторопласт-42) не обладает сплошностью и не забивает поры сорбента.

Экспериментально установлено, что скорость поглощения водяного пара полученными композиционными сорбционно-активными материалами на основе цеолита NaX в среднем на 15...17% выше, чем у гранулированного цеолита NaX–В–1Г в статических условиях.

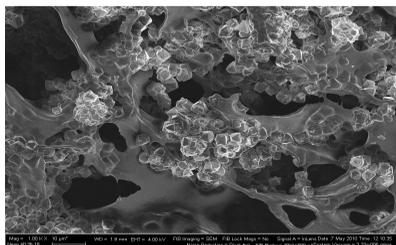


a)

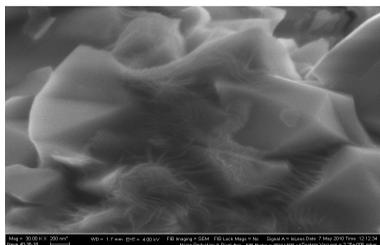


б)

Рис. 2. Фотографии образцов композиционных материалов:
a – листы и гранулы; *б* – блоки



a)



б)

Рис. 3. Микрофотографии образца сорбента на матрице фторопласта 42:
a – увеличение в 100 раз; *б* – увеличение 3000 раз

При этом полученные материалы обеспечивают более глубокую осушку воздуха (до значения $1,30 \text{ мг/дм}^3$, что соответствует точке росы $-72,4 \text{ }^\circ\text{C}$).

Испытаниями композиционных сорбционно-активных материалов на основе гидроксида кальция в статических и динамических условиях показано, что динамическая активность хемосорбента в статических условиях при скорости поглощения 6 л/ч на 1 кг поглотителя не менее 190 л/кг исходного продукта, что в $2\text{--}2,5$ раза больше, чем у серийного блокового поглотителя на основе LiOH . При этом скорость поглощения диоксида углерода поглотителем в $2,5$ раз больше, чем у серийного, и в два раза больше, чем у листового поглотителя ExtendAir (США).

Сорбционная ёмкость хемосорбента по диоксиду углерода в динамических условиях $120 \text{ дм}^3/\text{кг}$, что на 50% больше, чем у самого распространенного поглотителя ХП-И, скорость поглощения в $3,5$ раза больше.

Нами предпринята попытка получения волокнистого известкового химического поглотителя, предназначенного для очистки окружающей среды от повышенной концентрации диоксида углерода CO_2 , с содержанием активного компонента около 70%. Опытные образцы композиционных волокон получали методом электроформования в Научно-техническом центре аэрозолей НИФХИ РАН им. Л. Я. Карпова в электростатическом поле напряжением 20...30 кВ, расстоянием между электродами 20...30 см с производительностью 10 г/ч сухого волокна.

В качестве твёрдых частиц использовали порошок гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ дисперсностью 1...45 мкм.

В качестве волокнообразующего использовали фторполимер марки Ф-42 Л (ГОСТ 25428-82) – сополимер тетрафторэтилена и виниледифторида, который устойчив к действию агрессивных сред в широком диапазоне температур, обладает высокой термостойкостью и широко освоен в процессе электроформования волокнистых материалов. В качестве растворителя выбран этилацетат. Соотношение полимер – растворитель 70:30% по объёму.

Суспензию для электроформования готовили путём диспергирования гидроксида кальция в формовочном растворе фторполимера. Количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в исходной смеси составляло 80% масс. по отношению к Ф-42 Л. Для создания устойчивой суспензии частиц $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в полимерном растворе диспергирование проводили в ультразвуковой ванне в течение 20...30 мин. Растворитель испарялся в процессе электроформования волокон, остаточное количество растворителя из полученных образцов удаляли, выдерживая их при температуре 70...80 °С под вакуумом.

Полученные образцы увлажняли водяным паром или щелочным раствором гидроксида калия КОН до его содержания в образце от 1 до 5% масс.

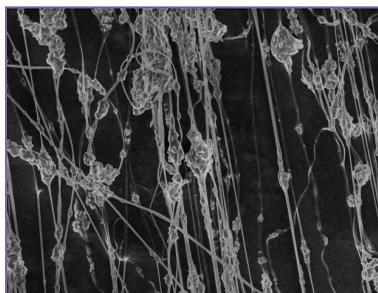
Химическую активность к диоксиду углерода CO_2 композиционных волокон, содержащих частицы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, определяли в динамическом потоке газовой смеси (ГВС) на образцах в виде листа размером 120 × 38 мм. Испытания проводили в стандартных условиях. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Наилучшие результаты по сорбции CO_2 показали образцы с увлажнением 17% и выше. Добавление гидроксида калия также повышает сорбционную ёмкость.

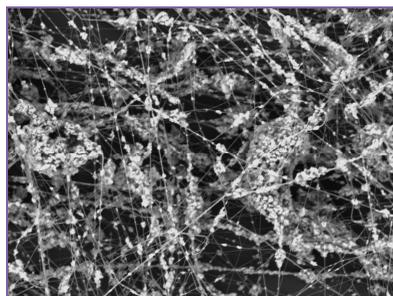
Микрофотографии композиционного сорбента в виде волокна представлены на рис. 4.

2. Характеристика сорбентов и результаты исследований сорбционной ёмкости композиционных волокнистых материалов

Содержание в образцах до испытания, % масс. в пересчёте на сухое вещество				Содержание в образцах после испытания, % масс. в пересчёте на сухое вещество			Сорбционная ёмкость, дм ³ /кг
Ca(OH) ₂	CaCO ₃	KOH	H ₂ O	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	H ₂ O	
72,8	1,1	0	0	24,3	27,8	0,9	54,0
		0	25,9	52,3	40,4	0,2	79,5
		1,3	30,3	35,4	42,5	2,7	83,8
		4,6	20,1	28,9	48,5	3,2	95,9
71,5	3,4	0	1,6	42,1	31,3	0,5	56,5
		0	4,5	47	31,6	0,3	57,1
		0	17,0	33,2	44,5	0,7	83,2
		3,0	17,1	35	40,8	3,5	75,7



a)



б)

Рис. 4. Микрофотографии образца волокнистого сорбента на матрице фторопласта 42:

a – увеличение в 3000 раз; *б* – увеличение 100 раз

Как можно видеть, агломераты гидроксида кальция включены в структуру волокна. Волокна хаотично переплетены и представляют собой аэрозольный фильтр.

Учитывая результаты исследований хемосорбции можно сделать вывод, что методом электроформования можно получать аэрозольные фильтры с дополнительной функцией очистки от газовых примесей.

Таким образом, применение полимерной матрицы и дисперсных адсорбентов позволяет получать композиционные адсорбирующие материалы, не уступающие по своим адсорбционным характеристикам исходным адсорбентам-наполнителям и обладающим высокой прочностью, обусловленной большим количеством контактов между частицами адсорбента и матрицы на единицу объёма.

УДК 546.32-39

**Н. Ф. Гладышев¹, Т. В. Гладышева¹, Ю. А. Ферапонтов¹,
М. Н. Краснянский², В. П. Таров², В. Е. Галыгин²**

¹*ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;*

²*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов*

ПОЛУЧЕНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ НАДПЕРОКСИДА КАЛИЯ

Перекисные соединения щелочных и щёлочноземельных металлов обладают уникальным свойством – при взаимодействии с парами воды и диоксидом углерода генерировать кислород. Поэтому они широко используются как компоненты регенеративных продуктов в изолирующих средствах защиты органов дыхания человека, жизненно необходимых для людей, вынужденных находиться в условиях природных и техногенных катастроф, террористических актов и других чрезвычайных ситуаций. Наиболее используемым на сегодняшний день химическим соединением, применяемым для данных целей, является надпероксид калия (KO_2).

Существующая на сегодняшний день в России технология получения KO_2 , основанная на сжигании металлического калия, имеет ряд существенных недостатков: пожаро- и взрывоопасность на большинстве стадий химико-технологического процесса, наличие экологически опасных отходов, требующих создания дополнительных систем очистки и защиты окружающей среды, высокая стоимость исходного сырья и большая энергоёмкость производства. В результате этого производители средств защиты органов дыхания человека в России встали перед проблемой отсутствия качественного и недорогого отечественного сырья и, как следствие, – перспективы импорта надпероксида калия из других стран.

По этой причине разработка новой промышленной технологии получения надпероксида калия из доступных реагентов является актуальной задачей.

В ходе проведённых НИР для разработки и промышленной реализации ресурсосберегающей экологически безопасной технологии получения надпероксида калия и далее регенеративных продуктов на его основе выбран способ получения KO_2 из пероксида водорода и гидроксида калия. Образующийся при смешении исходных компонентов щелочной раствор пероксида водорода на следующей стадии синтеза подвергался дегидратации в реакторе распылительного типа. Следует отметить, что процесс дегидратации сопровождается протеканием химической реакции между водой и образующимися перекисными соединениями, что зачастую приводит к резкому снижению основного вещества в продукте синтеза. Поэтому определены требования к исходному сырью, установлены температурные и концентрационные границы смещения исходных компонентов и оптимальные параметры дегидратации щелочного раствора пероксида водорода с целью получения высокодисперсного целевого продукта с высоким содержанием основного вещества [1 – 5]. Так же проведён поиск химических веществ, выступающих в качестве стабилизаторов щелочного раствора пероксида водорода, что позволило проводить смешение исходных компонентов при температурах окружающей среды минимизировать расход пероксида водорода и энергии, потребляемой на перевод воды из жидкой фазы в газообразное состояние, на единицу конечной продукции [6].

Новым направлением в работе стало проведение совместного синтеза надпероксида калия с различными добавками (соединения Са, Li, Si, Na и др.), ранее вводимыми при механическом смешении компонентов, не обеспечивающем их равномерное распределение по всему объёму продукта (и тем самым создавая условия для его неравномерной отработки при эксплуатации изделия). Введение данных добавок из раствора, т.е. *insitu*, позволило получить композиционные продукты с новыми свойствами [7 – 10]. Было установлено, что введение силикатов повышает размер частиц конечного продукта и снижает температуру их плавления, соединения лития и натрия являются промотирующей добавкой, увеличивающей динамическую ёмкость продуктов по диоксиду углерода и кислороду, а соединения кальция способствуют более длительному сохранению транспортных пор (которые блокируются расплавом в процессе работы регенеративного продукта в составе изолирующих дыхательных аппаратов (ИДА), что приводит к затруднению диффузии газов в объём гранулы продукта) и тем самым повышает степень его использования.

Приведённые на рис. 1 и 2 графики иллюстрируют изложенные выше факты.

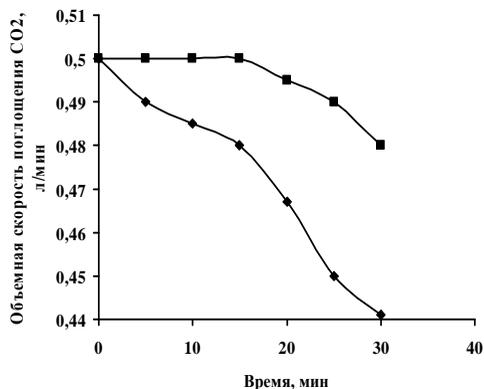


Рис. 1. Кинетические кривые поглощения CO₂ ИДА, снаряжённого различными регенеративными продуктами:
 1 – серийный продукт ОКЧ 3М; 2 – продукт на основе композитных смесей пероксидных соединений К и Na

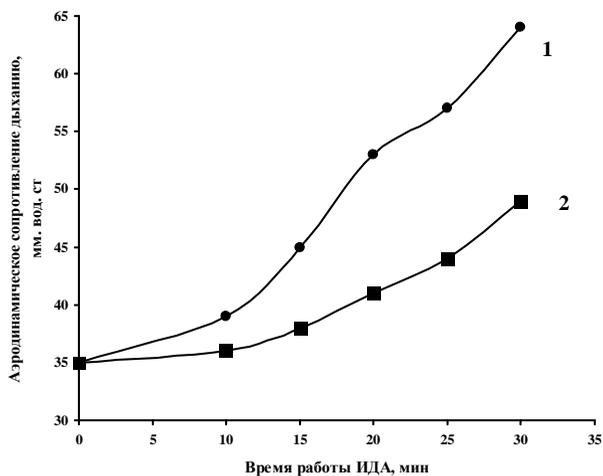
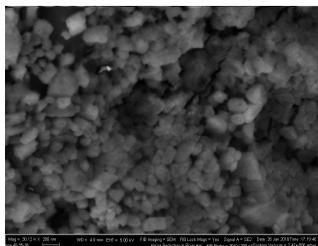
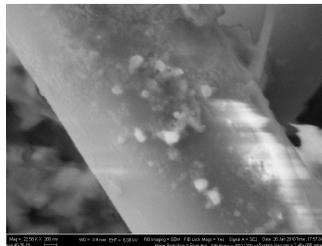


Рис. 2. Сопротивление вдоху пользователя ИДА, снаряжённого различными регенеративными продуктами:
 1 – серийный продукт ОКЧ 3М; 2 – продукт на основе композитных смесей пероксидных соединений К и Na

Следующим шагом при проведении исследований было нанесение щелочного раствора пероксида водорода на инертную газопроницаемую матрицу и проведение дегидратации путём либо термического воздействия на систему, либо ИК излучения [11, 12], что позволило получать регенеративные продукты в виде пластин заранее заданного геометрического размера.



a)



б)

Рис. 3. Микрофотографии регенеративного продукта на стекловолокнистой матрице:

a – общий вид под электронным сканирующим микроскопом (увеличение 100 раз); *б* – нанокристаллы надпероксида калия на стекловолокне (увеличение 3000 раз)

На рисунке 3 представлены фотографии сегмента пластины регенеративного продукта, полученные с помощью СЭМ, на которых видно, что на матрице из ультратонкого стекловолокна формируются монослои высокодисперсного надпероксида калия, синтезированного из щелочных растворов пероксида водорода.

Использование регенеративного продукта на основе композитных смесей пероксидных соединений щелочных металлов, нанесённых инертную газопроницаемую матрицу, позволило повысить степень обработки продукта до 80...85% (у серийных гранулированных продуктов данный критерий редко превышает 65%) и снизить гидродинамическое сопротивление до 10...15 мм. вод. ст.

Следует особо отметить, что при использовании нового поколения регенеративных продуктов на основе композитных смесей пероксидных соединений щелочных металлов коэффициент регенерации имеет значение, близкое к оптимальному [2]. Данный коэффициент характеризует эффективность процесса регенерации и является величиной, обратной величине, известной в физиологии человека как коэффициент дыхания (отношение количества выделяемого организмом человека CO_2 к количеству поглощаемого кислорода).

Таким образом, можно констатировать, что применение новых регенеративных продуктов на основе композитных смесей пероксидных соединений щелочных и щёлочноземельных металлов, полученных по разработанным методам, позволит не только уменьшить массогабаритные характеристики изделия и создать более комфортные условия пользователю ИДА (снижение аэродинамического сопротивления и температуры регенерируемого воздуха на входе пользователя), но и расширить круг лиц, могущих пользоваться такими ИДА (дети,

люди, страдающие лёгочными заболеваниями и др.) [2, 7 – 12]. Проведённые работы позволили создать новые марки регенеративных продуктов, превосходящих по своим потребительским характеристикам лучшие мировые аналоги.

На сегодня в ОАО «Корпорация «Росхимзащита» идёт монтаж технологических линий производства композитных смесей пероксидных соединений щелочных и щёлочноземельных металлов и композитных смесей пероксидных соединений щелочных и щёлочноземельных металлов, нанесённых на инертную газопроницаемую матрицу общей производительностью 100 т/год. Это позволит предприятиям РФ, занимающихся разработкой и производством систем защиты органов дыхания человека от поражающих факторов химической и биологической природы и создания локальных дыхательных атмосфер не только исключить зависимость от экспорта сырья, но и вести активную импортную политику на мировых рынках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жданов, Д. В.** Исследование кинетики процесса получения супероксида калия из щелочного раствора пероксида водорода / Д. В. Жданов, Ю. А. Ферапонтов, М. А. Ульянова // ЖПХ. – 2005. – Т. 78. – Вып. 2. – С. 191 – 194.
2. **Регенеративные** продукты нового поколения: технология и аппаратное оформление / Н. Ф. Гладышев, Т. В. Гладышева, С. И. Дворецкий и др. – Москва : Машиностроение-1, 2007. – 156 с.
3. **Изучение** физико-химических свойств растворов $\text{KOH-H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{O}$ / Ю. А. Ферапонтов, Д. В. Жданов, М. А. Ульянова // ЖПХ. – 2007. – Т. 80. – Вып. 7. – С. 1076 – 1078.
4. **Выбор** оптимальных условий получения надпероксида калия из пероксида водорода и гидроксида калия в реакторе распылительного типа / Ю. А. Ферапонтов, М. А. Ульянова, С. Б. Путин // Химическая технология. – 2008. – Т. 9, № 8. – С. 357 – 364.
5. **Ферапонтов, Ю. А.** Математическое моделирование процесса получения надпероксида калия в реакторе распылительного типа / Ю. А. Ферапонтов, С. Б. Путин, Д. В. Жданов // Химическая технология. – 2009. – Т. 10, № 10. – С. 613 – 623.
6. **К вопросу** о выборе стабилизатора взаимодействия щёлочи и пероксида водорода при синтезе супероксида калия / Ю. А. Ферапонтов, Д. В. Жданов, Н. Ф. Гладышев и др. // ЖПХ. – 2003. – Т. 76. – Вып. 11. – С. 1909–1910.
7. **Регенеративный** продукт и способ его получения : пат. 2210416 Рос. Федерация : МПК А62Д 9/00 / Ферапонтов Ю. А., Жданов Д. В., Гладышев Н. Ф. ; заявитель и патентообладатель ФГУП «ГамбовНИИХИ». – № 2002117816/12 ; заявл. 02.07.02 ; опубл. 20.08.03. – Бюл. № 23.

8. **Регенеративный** продукт для изолирующих дыхательных аппаратов и способ его получения : пат. 2259808 Рос. Федерация : МПК А61 Д 9/00 / Ферапонтов Ю. А., Жданов Д. В., Ульянова М. А. : заявитель и патентообладатель ФГУП «ТамбовНИХИ». – № 2004120689/15, заявл. 06.07.04; опубл. 10.09.05. Бюл. № 25.

9. **Способ** получения продукта для регенерации воздуха : пат. 2325205 Рос. Федерация : МПК А62 Д 9/00/ Ферапонтов Ю. А., Жданов Д. В., Ульянова М. А., Гладышев Н. Ф., Путин С. Б. ; заявитель и патентообладатель ОАО «Корпорация «Росхимзащита». – № 2005139869/15 ; заявл. 20.12.05 ; опубл. 27.06.08. – Бюл. № 15.

10. **Способ** получения продукта для регенерации воздуха : пат. 2408403 Рос. Федерация : МПК А62 Д 9/00 / Ферапонтов Ю. А., Ульянова М. А., Гладышев Н. Ф., Козадаев Л. Э., Путин С. Б., Шкитин В. Е. Заявитель и патентообладатель ОАО «Корпорация «Росхимзащита». – № 2009122872/05 ; заявл. 15.06.09 ; опубл. 10.01.11. – Бюл. № 1.

11. **Способ** получения продукта для регенерации воздуха : пат. 2456046 Рос. Федерация : МПК А62 Д 9/00 / Ферапонтов Ю. А., Гладышев Н. Ф., Гладышева Т. В., Дорохов Р. В., Козадаев Л. Э., Путин Б. В., Путин С. Б., Симаненков Э. И. ; заявитель и патентообладатель ОАО «Корпорация «Росхимзащита». – № 2010154774/05 ; заявл. 30.12.10 ; опубл. 20.07.12. – Бюл. № 20.

12. **Способ** получения регенеративного продукта : пат. 2472556 Рос. Федерация : МПК А62 Д 9/00 / Гладышев Н. Ф., Гладышева Т. В., Ферапонтов Ю. А., Козадаев Л. Э., Путин Б. В., Путин С. Б., Симаненков Э. И. ; заявитель и патентообладатель ОАО «Корпорация «Росхимзащита». – № 2011136590/05 ; заявл. 02.09.11 ; опубл. 20.01.13. – Бюл. № 2.

УДК 615.917:541.128

Д. В. Козлов, А. С. Бесов, А. В. Воронцов, В. Н. Пармон

Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТРАВЛЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Химический и биологический терроризм представляет большую угрозу стабильности и безопасности. Современные здания и сооружения – стадионы, станции метро, вокзалы и аэропорты, развлекательные комплексы, театры, общественные здания и другие остаются незащищёнными от атак химических и биологических террористов. Другой проблемой являются техногенные катастрофы, сопровождающиеся выбросом ядовитых веществ в атмосферу. Во всех случаях представляет

интерес технология очистки воздуха, которая обеспечивала бы неселективную деструкцию широкого круга органических веществ, и при её применении не образовывалось бы большое количество отходов.

Фотокаталитическое окисление на TiO_2 является одним из наиболее перспективных методов очистки воздуха от низких концентраций паров органических, и ряда неорганических веществ. На поверхности диоксида титана под действием квантов ближнего УФ излучения образуются высококорреакционноспособные частицы, и, в первую очередь, ОН-радикалы, способные окислять практически любые органические соединения до безвредных неорганических веществ: CO_2 , H_2O и минеральных кислот.

Кроме того, диоксид титана является материалом с большой удельной поверхностью. Следовательно, многие органические вещества, особенно с большими молекулярными весами, способны адсорбироваться на его поверхности за небольшие времена. Тем самым появляется возможность проводить очистку воздуха за короткие времена в два этапа: 1) быстрая адсорбция; 2) более медленное фотокаталитическое окисление.

В докладе представлены результаты, полученные в ИК СО РАН в течение последних 10 лет, касающиеся вопросов, связанных с исследованием механизмов фотокаталитического окисления молекул-имитаторов ОВ, синтезом оптимальных фотокатализаторов, а также разработкой новых методов и устройств для фотокаталитической и адсорбционной очистки воздуха закрытых помещений.

УДК 677.077.62

**М. А. Саляхова, И. П. Карасева, В. В. Уваев,
Э. Н. Пухачева, Р. Х. Фатхутдинов**

*ОАО «Казанский химический научно-исследовательский институт»,
г. Казань*

ФИЛЬТРУЮЩЕ-СОРБИРУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ С ВНЕДРЁННЫМ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОМ

Создание технологии производства защитных материалов нового поколения с возможностью самоочистки, как основы средств и систем индивидуальной и коллективной защиты и жизнеобеспечения человека, является актуальной задачей.

Применение фотокатализа для разработки «сухой» технологии разложения химически опасных веществ представляет интерес для разработчиков систем индивидуальной защиты (СИЗ). Наиболее часто

в фотокаталитическом процессе используется диоксид титана TiO_2 как один из самых химически и термически стабильных и нетоксичных продуктов. Разработана технология получения фильтрующе-сорбирующего материала с внедрённым фотокатализатором. Показано, что фильтрующе-сорбирующий материал с внедрённым фотокатализатором способен разлагать примеси вредных веществ под действием ультрафиолетового или солнечного света. Нанесение титан-силикатного комплекса на хлопковые ткани не приводит к снижению их механической прочности.

Защитные свойства материала оценивали согласно «Методике определения времени защитного действия СИЗ при воздействии паров химически опасных агрессивных веществ» ОАО «КазХимНИИ» при освещении ультрафиолетовым светом лампы Philips, 365 нм, 15 Вт. Площадь образца материала составляла 7 см^2 , скорость прохождения газо-воздушной смеси над образцом – $0,005\text{ л/мин}$. Толщина защитного материала составляла 26 мкм, поверхностная плотность 145 г/м^2 . Результаты определения времени защитного действия материала при воздействии паров гидразина и диметилформамида, газообразных диоксида серы, сероводорода и аммиака с концентрацией 5 и 10 ПДК при облучении ультрафиолетовым светом представлены в табл. 1.

Образцы материала фильтрующего типа с внедрённым фотокатализатором обладают защитными свойствами от паров целого ряда токсичных химических веществ.

Исследована возможность разложения паров иприта материалом фильтрующего типа с внедрённым фотокатализатором. Образцы материала были заражены ипритом в специальной камере. Содержание вещества на образцах составило $0,006\text{ мг/см}^2$, затем часть образцов облучалась ультрафиолетовым светом, другая часть оставалась в темноте.

1. Время защитного действия материала с внедрённым фотокатализатором по различным токсичным веществам

Химическое вещество	Время защитного действия образца, мин, при концентрации химического вещества в паровоздушной смеси	
	5 ПДК	10 ПДК
Гидразин	96	80
Диметилформамид	125	92
Диоксид серы	29	18
Сероводород	25	21
Аммиак	16	14

Через каждые 15 мин определяли остаточное содержание вещества на образцах материала. Полученные результаты свидетельствуют, что при облучении УФ светом образцов материала фильтрующего типа с внедрённым фотокатализатором разложение паров иприта происходит в 10 раз быстрее, чем в темноте.

УДК 54.057+544.452+54-31; 544.277

М. В. Кузнецов, Н. Н. Посохов

*ФГБУ «Всероссийский научно исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (ФЦ)»,
г. Москва*

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДАТЧИКОВ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ГАЗОВ

В настоящее время в связи с участвовавшими природными и техногенными катастрофами важное значение приобретает своевременное и точное обнаружение взрывчатых, токсичных, легковоспламеняющихся и других опасных для населения веществ с целью своевременной эвакуации людей с территорий заражённых и потенциально опасных объектов, а также предотвращения природных и антропогенных катастроф. В этой связи в мире активизируется разработка недорогих, низкоэнергетических, простых в применении и доступных газовых сенсоров, рассчитанных на обнаружение в окружающей атмосфере минимальных концентраций потенциально опасных для человека субстанций. На сегодняшний день основными материалами, используемыми при изготовлении газовых сенсоров, являются полупроводниковые оксиды. В последние годы интенсивно развиваются исследования, направленные на создание новых материалов, обладающих селективной чувствительностью к определённому типу молекул с применением новейших синтетических методов. Способность данных материалов быть детекторами молекул газовой фазы обусловлена их электропроводностью при повышенных температурах в диапазоне 300...800 К. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) сложных оксидных материалов сформировался как самостоятельное научное направление в рамках теории и практики процессов горения и современного материаловедения.

Нами впервые проведён СВС ряда порошковых композиций простых оксидов с частичным замещением базового металла, а также сложных оксидов, перспективных с точки зрения их использования в качестве датчиков токсичных, взрывчатых и других потенциально

опасных газов. Исследована газочувствительность мелкодисперсных порошков сложных оксидов, полученных в режиме гетерогенного горения конденсированных систем. Тестовые испытания проведены для следующих порошковых композиций сложных оксидов-продуктов СВС: BaSnO₃ – (NO); YFeO₃ (LaFeO₃) – (C₂H₅OH); CdFe₂O₄ – (C₂H₅OH; CO; H₂); SrTiO₃ (BaTiO₃) – (CO₂; H₂O); YBa₂Cu₃O_{7-x} – (NO; NO₂) и др. Газочувствительность шпинельных и орторомбического ферритов (NiFe₂O₄, CoFe₂O₄, LaFeO₃), а также кубических станнатов никеля-цинка Zn_{1-x}Ni_xSnO₄ (x = 0; 0,8) исследована применительно к различным газам – CO, аммиак, этанол, пропан, этан и т.д. при рабочих температурах 350...600 °С. Концентрации всех тестируемых газов находились в пределах, сравнимых с их концентрациями в естественных условиях, а сами газы были растворены в искусственном воздухе. Все исследованные материалы обладали электропроводностью *n*-типа для обеспечения газочувствительности при рабочих температурах 350...600 °С за исключением LaFeO₃, обладающего электропроводностью *p*-типа. Все сенсоры демонстрировали удовлетворительную чувствительность к этанолу на уровне ppm, хотя в случае Zn₂SnO₄ и Zn_{1,2}Ni_{0,8}SnO₄ отклики были существенно большими по величине (9...20 ppm) в сравнении с остальными сенсорами – ~2 ppm или менее. Чувствительность этих двух сенсоров к аммиаку в концентрации 50 ppm превышает чувствительность ферритовых сенсоров практически вдвое. Повышенная чувствительность Zn-содержащих сенсоров связана, по-видимому, с открытой и пористой микроструктурой плёнок этих сенсоров. Все полученные результаты открывают широкие возможности в области определения взрывоопасных, токсичных и горючих газов.

УДК 504.7:61; 504.7:57; 57.082.261; 612.014.24

К. А. Аникненко, С. В. Аношин, Е. А. Бычихин,
О. В. Константинова, Т. И. Новожилова, А. В. Холина

ФГУП «ГосНИИОХТ», г. Москва

**БУТИРИЛХОЛИНЭСТЕРАЗА ПЛАЗМЫ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА –
ПЕРСПЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ПРОФИЛАКТИКИ
ОТРАВЛЕНИЙ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИМИ
ИНГИБИТОРАМИ АЦЕТИЛХОЛИНЭСТЕРАЗЫ**

В настоящее время сформировалось мнение о том, что эффективность низкомолекулярных фармакологических средств профилактики и лечения отравлений фосфорорганическими ингибиторами (ФОИ) ацетилхолинэстеразы достигла своего предела.

В течение последних 15 лет ведущие исследовательские центры США, Франции, Канады, Израиля проводят интенсивные работы по созданию нового класса эффективных лечебно-профилактических средств на основе фермента бутирилхолинэстеразы (БухЭ) плазмы крови человека. Результаты работ в этом направлении позволяют сегодня ставить вопрос о практическом применении препарата БухЭ.

В России исследования в этом актуальном направлении начаты в ФГУП «ГосНИИОХТ» в 2000 году. К настоящему времени разработан оригинальный метод получения препарата БухЭ из отходов промышленной переработки плазмы крови доноров. На основе данного метода разработана лабораторная технология получения фермента в укрупнённых количествах, которая позволяет получать препарат высокой чистоты с удельной активностью не менее 700 ед/мг белка.

Экспериментально показано, что высокоочищенный активный препарат БухЭ человека, выделенный по методике ФГУП «ГосНИИОХТ», может рассматриваться в качестве эффективного профилактического средства пролонгированного действия, предупреждающего отравление несколькими смертельными дозами высокотоксичных ФОИ при перентральном или кожно-резорбтивном действии.

**УДК 621.89; 629.7.063.7; 676.166; 661(075); 579.03;
547.461; 665.7(075.8); 621.892**

В. Б. Кондратьев, С. В. Аношин, Р. А. Хрусталеv, Э. Л. Беляев

ФГУП «ГосНИИОХТ», г. Москва

ПЛАСТИЧНАЯ СМАЗКА СК-7-04 – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СМАЗОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ В УСЛОВИЯХ КОСМОСА И ВЫСОКОГО РАЗРЯЖЕНИЯ

К механизмам, оборудованию и устройствам, предназначенным для эксплуатации в космическом пространстве, предъявляются особые требования, поскольку они должны надёжно функционировать в условиях воздействия комплекса неблагоприятных факторов:

- экстремально низких и высоких температур;
- глубокого вакуума;
- интенсивной солнечной и космической радиации.

К сложной технике космического назначения относятся скафандры космонавтов, являющиеся основным индивидуальным защитным снаряжением в периоды полёта с возможной разгерметизацией кабины

космического корабля, при отказе бортовой системы жизнеобеспечения и, естественно, при выходе из корабля в открытый космос.

Разработка современных космических скафандров, особенно предназначенных для работы в открытом космосе, требует решения ряда сложных научно-технических проблем. Нужно, в частности, создать в скафандре необходимый для человека микроклимат (давление, газовый состав, влажность, температура), а также обеспечить отвод тепла, причём с учётом возможных аварийных ситуаций. Нужно защитить космонавта и оборудование скафандра от воздействия глубокого вакуума и излучений Солнца. Нужно, наконец, обеспечить подвижность конечностей космонавтов и их нормальную работоспособность, что весьма затруднительно из-за избыточного давления в скафандрах.

Чтобы обеспечить подвижность тела космонавта, в скафандре применяют специальные шарниры, которые размещают в области основных суставов – плечевых, локтевых, коленных, в области лодыжек, пальцев рук и т.д. Конструкция шарниров может быть различной: она зависит от характера движений, в которых участвует шарнир. Кроме того, для повышения подвижности в ряде сочленений используются герметические подшипники (например, в плечевом или кистевом сочленениях).

Несмотря на достигнутые в этой области определённые успехи, проблема подвижности человека в скафандре до сих пор остаётся одной из основных.

Работоспособность агрегатов и оборудования скафандра в условиях глубокого вакуума космического пространства обеспечивается подбором соответствующих материалов пар трения в подвижных соединениях, применением специальных смазок, а также установкой многих агрегатов внутри термостатируемого корпуса скафандра.

Очевидно, что эксплуатация скафандров и космической техники в целом невозможна без применения специальных смазочных материалов, работоспособных длительное время в условиях космоса.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации в узлах трения принципиально могут использоваться различные виды смазочных материалов: жидкотекучие масла, твёрдые смазочные покрытия или пластичные смазки, каждый из которых характеризуется своими преимуществами и ограничениями в эксплуатации. При этом в современной космической технике количество узлов с пластичными смазками, значительно превышает узлы, смазываемые другими материалами.

Именно пластичные смазки играют ведущую роль в обеспечении надёжности и производительности космического оборудования, в том числе подшипников скафандров и дыхательных аппаратов.

Известно, что пластичные смазки представляют собой высоковязкие коллоидные композиции, основой которых (50...90%) служат нефтяные, синтетические или растительные масла. В состав пластичных

смазок дополнительно входят загустители, а также различные модификаторы, присадочные добавки и наполнители.

Первоначально для изделий космической техники использовались пластичные смазки на основе кремнийорганических жидкостей. Эти смазки позволяли эксплуатировать изделия в интервале температур от -50 до $+200$ °С. При более низких температурах требовался дополнительный подогрев механизмов.

В последующем для пар трения космических механизмов были разработаны пластичные смазки на основе перфторполиэфиров (ПФПЭ) с различными загустителями. Применение этих смазок позволило снизить минимальную температуру эксплуатации механизмов до $-60\dots-70$ °С, что значительно повысило нагрузочную способность и долговечность пар трения. Кроме того оказалось, что смазки на основе ПФПЭ имеют наиболее высокую работоспособность при граничном трении в вакууме.

В настоящее время лучшие из существующих пластичных смазок на основе ПФПЭ широко применяются в отечественной космической технике, обеспечивают работоспособность подвижных узлов космических скафандров, кислородной аппаратуры, приборов космической ориентации, турбонасосных систем в температурном диапазоне от -60 до $+200$ °С. К сожалению, при более низких температурах данные смазки в разы увеличивают сопротивление перемещению, а при температурах от -100 до -130 °С затвердевают.

Для перспективной космической техники необходимы новые пластичные смазки, обеспечивающие длительную работоспособность узлов трения в широком диапазоне температур (от $-100\dots-130$ °С до $+180\dots+250$ °С), имеющие при этом достаточную радиационную стойкость и низкую испаряемость в условиях космического вакуума.

Для решения данной задачи в ФГУП «ГосНИИОХТ» разработан новый метод получения перфторполиэфиров, основанный на фториницированной окислительной полимеризации тетрафторэтилена и гексафторпропилена.

Изготовлены экспериментальные партии ПФПЭ, исследована зависимость их структуры и физико-химических характеристик от условий получения. Нароботаны опытные партии ПФПЭ для изготовления специальных смазок с улучшенными показателями.

На основе полученных образцов ПФПЭ ФГУП «ГосНИИОХТ» проведены теоретические и экспериментальные исследования в области создания специальных пластичных смазок для космоса нового типа. Изготовлены экспериментальные образцы низкотемпературной смазки на основе ПФПЭ и растворимой в нем фторорганической присадки, обеспечивающие работоспособность узлов и механизмов вплоть до -120 °С.

Данная смазка, предназначена для применения в качестве уплотнительной и антифрикционной смазки в различных узлах (с подвижными и неподвижными соединениями), работающих в контакте с агрессивными средами. Смазка также может быть применена для смазывания узлов трения и сопряжённых поверхностей «металл – металл» и «металл – резина».

Температурный диапазон применения смазки находится в интервале от -100 до $+200$ °С (смазка выдерживает кратковременное переохладение до $-100\dots-120$ °С и перегрев до $+200\dots+250$ °С).

Новая смазка может рассматриваться в качестве эффективного смазочного материала узлов и агрегатов космической техники, в том числе подвижных узлов космических скафандров и кислородной аппаратуры.

Смазка прошла необходимые испытания на базе Всероссийского научно-исследовательского института по переработке нефти, по результатам которых ей присвоена литера «О».

УДК 629.78

Ю. Ф. Копытов

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г Тамбов

ИСТОРИЯ КИСЛОРОДНОЙ СВЕЧИ

Возникновение проблемы кислорода со всей возможной остротой связано с потребностями космонавтики (а потребности космонавтики связывались, прежде всего, с потребностями запуска доставляющих военных ракет). В 1962–1963 годах на нашем предприятии начались работы по твёрдым источникам кислорода (ТИК). Определяющее значение приобрёл критерий максимального выхода кислорода с единицы массы. На предприятии РКК «Энергия» конструкторам, обеспечивающим меньшую массу изделия, платили специальные премии за каждый выигранный килограмм конструкции. По данным американцев в настоящее время подъём на орбиту одного килограмма массы оборудования стоит около 10...20 тыс. долларов с перспективой снижения до одной тысячи долларов. Первое время использовалась 100%-ная перекись водорода (пожаро- и взрывоопасная) и баллоны легированные (тяжёлые). Кроме того, баллоны находятся всегда под давлением, внутренне энергетически напряжены, а это таит определённую опасность.

Определение перечня наиболее кислородоёмких веществ (перхлоратов лития и магния) относительно несложно. Из литературы

известно о существовании кислородных пиротехнических свечей на основе хлората калия и хлората натрия, но для разработки твёрдого источника кислорода (ТИК) на основе перхлората лития этой информации было мало.

Перечень практических проблем:

1. Прежде всего, необходимо доказать принципиальную возможность выбранного способа генерации кислорода на основе перхлората лития. Информация об американских пиротехнических источниках кислорода, использующих перхлорат лития, впервые появилась в 1964 году (они называли их «кислородными свечами»).

2. Одновременно необходимо решить (точнее, обозначить) проблему безопасности работы твёрдых источников кислорода (ТИК)-устойчивость горения. Полная взрывобезопасность горения (например, устойчивость горения при давлении кислорода в 100 атм.) показана нами экспериментально значительно позднее.

3. Необходимо разрешить технологические трудности (подготовка и сушка компонентов).

4. Возможность длительного хранения.

5. Разрешить физическую суть феномена и оценить возможности расчёта состава.

Развитию теоретических представлений работы ТИК в то время (1960 – 1980) способствовало бурное развитие теории горения газов, твёрдых веществ, пиротехнических составов и ракетных топлив.

Перечень задействованных нами организаций: ИНХП и ИОНХ РАН, завод «Наука», РКК «Энергия», ИМБП, ЭНИТИ, г. Электро-сталь.

Непосредственно разработкой ТИК занимались государственный институт прикладной химии (ГИПХ) (г. Ленинград), ИНХП РАН, ИОНХ РАН, ИМБП РАН.

В этот период пиротехническими проблемами и близкими к ним проблемами ракетных топлив занимались филиал ИХФ РАН (п. Черноголовка, МО), ГИПХ (г. Ленинград), ГИПХ (г. Загорск), ЛТИ им. Ленсовета (г. Ленинград), МХТИ им. Менделеева (г. Москва), КХТИ (г. Казань), а также ряд закрытых организаций.

Вопросов, требующих разрешения, было много, поэтому нужна была теория. Теория горения пиротехнических составов отсутствовала. Существовала проблема расчёта (определение оптимального состава) состава.

Поэтапно разработка велась следующим образом:

1. Прежде всего, сделано математическое обобщение (модель) работы ТИК. Однако полученные уравнения отображали зависимости некоего абстрактного пиротехнического состава. Для прямых количе-

ственных расчётов они не годились, но качественную (физическую) картину взаимозависимости параметров они давали. Они давали оценку влияния каждого из параметров на общий ход процесса горения. Проще, набор этих зависимостей позволял понять суть явления и резко усиливал интуицию исследователя (разработчика).

Принципиальная особенность работы ТИК заключалась в том, что он горит на нижнем пределе тепловыделения (устойчивости горения), т.е., чтобы достичь оптимальности состава, необходимо определить его нижний предел горения (0,12...0,18 ккал/г). Это линия, разделяющая области горения и отказа, как функция процентного содержания компонентов, плотности блока и состояния внешней атмосферы. Все стационарные процессы горения относятся к колебательным, но на пределе горения они приобретают особый смысл (растёт период и амплитуда колебаний). Кривая приобретает релаксационный характер.

Другой принципиальной особенностью работы ТИК являлась значительная роль пускового состава.

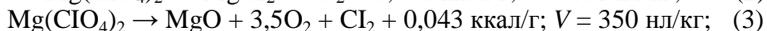
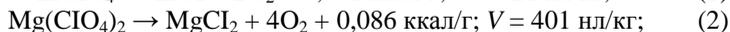
Согласно этим физическим представлениям, ТИК является «безгазовым» пиротехническим составом. Безгазовым потому, что несмотря на его целевую функцию (получение кислорода), никаких физико-химических процессов в газовой фазе не протекает (нет пламени). Все физико-химические процессы в ТИК, идущие с выделением тепла, происходят в конденсированной фазе.

Для простоты понимания сравните с картиной горения обычной свечи (в противоположность горению ТИК выделение тепла при горении свечи идёт только в газовой фазе).

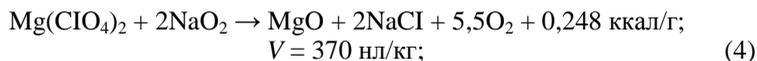
2. Перенос интереса на процессы, идущие в конденсированной фазе, привёл к необходимости обращения к химии твёрдых веществ. В 1960 – 1970 годы большинство ведущих представителей этой науки следовали положению: все процессы, идущие в твёрдых веществах, определяются фактом появления и количеством жидкой фазы. Строго, оно не бесспорно, но для нас оно остаётся достаточно конструктивным. Для пиротехнических составов справедливо положение профессора В. Г. Павлышина: скорость горения пропорциональна количеству тепла, выделяемому в конденсированной фазе. Таким образом, «критическая масса» понимания физической сути феномена ТИК была набрана.

Далее логика прямо вела к изучению термодинамики окислителей. Но термодинамические характеристики важнейших окислителей (прежде всего, перхлоратов щелочных и щёлочноземельных металлов) в литературе полностью отсутствовали, что серьёзно тормозило разработку составов ТИК. В справочнике «Термические константы неорганических веществ» Э. В. Брицке и А. Ф. Капустинского издания 1949 года их не было, а справочник «Термические константы веществ» в редакции В. П. Глушко в окончательном виде вышел только в 1981 году.

3. Строго, решение проблемы прикладным институтом (его назначение) по большей своей части состоит в корректной постановке отдельных задач специализированным организациям. Перед Академией наук в начале 1970 годов нами была поставлена задача (заклѳчен договор с ИНХП АН) определения термодинамических характеристик важнейших окислителей. Эти характеристики получены ИОНХ АН в лаборатории В. Я. Росоловского. Остальное (собственно расчѳт оптимального состава ТИК) было для нас уже делом термодинамических расчѳтов и экспериментальной доводки. Реакции, составившие основу ТИК, следующие:



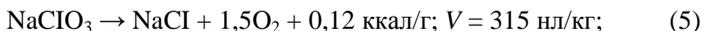
Ведущей реакцией состава ТИК является реакция (4), как наиболее энергоѳмкая:



где V – объѳм выделяемого кислорода.

Для снижения энергоѳмкости состава и повышения удельного выхода кислорода эта реакция была совмещена с реакцией разложения перхлората лития (1).

Для сравнения



4. Проблема взрывобезопасности составов ТИК рассматривалась с учѳтом следующих принципов (условий):

Первое – прежде всего, необходимо различать тепловой взрыв и детонацию. Это *условие*. Исключение содержания окислителя и горючего (восстановителя) на молекулярном уровне (нитрат аммония). Смесь порошков окислителя и горючего обладает возможностью только теплового взрыва.

Второе – достаточно низкая теплота горения (не более 0,3 ккал/гр.).

Третье – отсутствие сквозных пор (пирофорные порошки).

Четвѳртое – приемлемая чувствительность к инициированию (к воздействию внешних импульсов).

5. Возможность длительного хранения ТИК оценивалась по методике ускоренного хранения пиротехнических составов государственным институтом прикладной химии (ГИПХ) (г. Загорск). Трудность заключалась только в выявлении элементарной лимитирующей процесс реакции.

6. Выявлена большая роль воды как катализатора. Установлены примерно критические значения её содержания (0,5...0,7% масс.).

Твёрдый источник кислорода внешне представляет собой брикет диаметром 86,4 мм, высотой 161 мм и массой 1850 г. Удельный выход кислорода – 350...360 нл/кг, выход кислорода с брикета – 650...660 нл/кг.

Основной состав брикета включает: литий хлорнокислый – 45,2% масс.; магний хлорнокислый – 21,1% масс. и надперекись натрия – 33,7% масс. Выход по кислороду составляет 378 нл/кг. Теплота сгорания – 0,15 ккал/г.

Масса пускового состава – 567 г. Теплота сгорания пускового состава – 0,17 ккал/г.

Описание состава и конструкции брикета ТИК представлено на рис. 1. Кассета включает фильтр и брикет ТИК с электрозапуском снизу. Состав, кассета и фильтр – все три элемента разработаны и изготавливались тремя разными предприятиями. Особенностью работы ТИК является то, что программировать скорость разложения брикета можно, но регулировать практически нельзя.

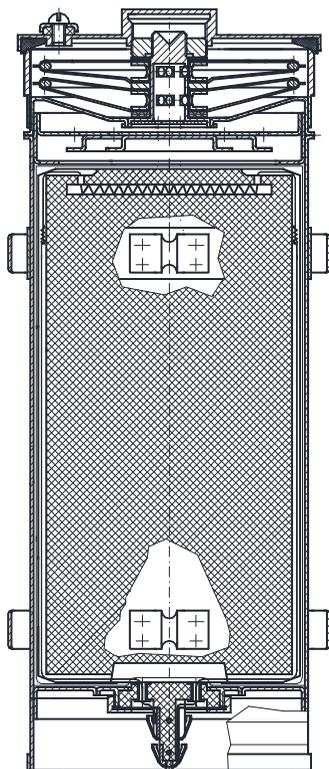


Рис. 1. Общий вид твёрдого источника кислорода

При разработке ТИК, решена задача глубокой осушки химических веществ. Для опытно-экспериментального цеха разработана и изготовлена установка, в которой впервые применено комбинированное действие температуры, вакуума, интенсивного перемешивания и одновременное управление перечисленными параметрами во времени. Это технологический прорыв в разработке ТИК. Впервые произведена глубокая осушка перхлоратов лития (0,1...0,5% масс. H₂O) и магния (0,3...0,7% масс. H₂O). Контроль содержания влаги производился по методу Фишера.

Станция «Мир» работала в течение двух с половиной лет на брикетах ТИК (1980-е годы) как стационарном способе снабжения кислородом экипажа. Дело в том, что для запланированного стационарного способа обеспечения экипажа космической станции кислородом запаздывала разработка и изготовление электролизёра воды. Да и позднее, при периодической профилактике и неполадках электролизёров, снабжение снова производилось с помощью ТИК.

Сейчас брикеты ТИК используются только как аварийные, но это и есть их основное назначение. Периодически они используются для компенсации утечек и заполнения отдельных объёмов. Таким образом, свою роль твёрдые источники кислорода выполнили.

Проблематична любая модернизация изделия – это устранение локальных напряжённостей системы (перераспределение нагрузок, усилий). Нетрудно заметить, что настоящая кассета ТИК (см. рис. 1) функционально перегружена и в результате она имеет некоторый запас по удельному выходу кислорода.

Прежде чем говорить о перспективе, необходимо расставить некоторые акценты. Кассеты запускаются в реакторе. Кассет много, а реактор один. Но это единая система. При конструировании этой системы целесообразно переносить необходимую массу и объём, связанные с фильтрацией, в конструкцию реактора, а кассеты делать как можно более облегчёнными и простыми. Функционально кассета должна быть нацелена только на поддержание волны горения в брикете ТИК и на максимальный выход кислорода. Остальные требования к системе должны быть перенаправлены на реактор.

Оценка возможностей модернизации показывает, что удельный выход кислорода может быть повышен до 390 нл/кг (против 360 нл/кг). При этом доля массы кассеты может быть снижена на 15%.

Общий вывод: ресурсы для совершенствования кассеты ТИК на основе перхлоратных брикетов имеются, и они довольно значительные.

Любая разработка имеет свой жизненный цикл. «Могильщиком» кислородной свечи стало появление и дальнейшее бурное развитие разработок облегчённого баллона. Содержание кислорода в баллоне достигло выхода кислорода с брикета ТИК. И хотя возможности совершенствования ТИК ещё не исчерпаны, но практического смысла это уже не имеет. Основным достоинством ТИК остаётся возможность его длительного хранения, высокий удельный выход кислорода, а основным недостатком – разовое использование брикета.

Без поддержки извне и внутри работа была бы невозможна. Поэтому мои СЛОВА благодарности обращены: В. Г. Гринёву, С. И. Симаненкову, Д. Т. Рогалю, Л. Э. Козадаеву.

Влияние личностей: В. Г. Павлышина (ЛТИ им. Ленсовета), В. Я. Росоловского (ИОНХ АН), В. С. Никифорова (Агрегатный завод «Наука»), А. М. Рябкина (РКК «Энергия»).

УДК 661.183.6

**Л. А. Зайцева¹, С. Н. Ерохин¹, С. И. Симаненков¹,
С. Б. Путин¹, С. И. Дворецкий²**

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОФОБНЫХ ЦЕОЛИТОВ И ОЦЕНКА ИХ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

В качестве сорбентов для очистки воздуха от вредных примесей наряду с активными углями применяются цеолиты. Цеолиты обладают развитой микро- и супермикропористой структурой и по сорбционным свойствам сопоставимы с активными углями, в отличие от которых термостойки до 800 °С и термически регенерируемы. Большинство промышленно выпускаемых цеолитов хорошо поглощают воду и для сорбции вредных примесей из воздушных потоков требуют предварительной осушки воздуха. Некоторые высококремнистые цеолиты с минимальным количеством катионов типа dealюминированного цеолита H⁺Y, BEA, ZSM и ряд других проявляют гидрофобные свойства, выпускаются отечественными предприятиями для задач катализа в нефтехимии, при этом их сорбционные свойства исследованы недостаточно.

В ОАО «Корпорация «Росхимзащита» синтезированы образцы гидрофобных цеолитов со структурным типом кристаллической ре-

шётки FAU и MFI и разработана технология получения на их основе гранулированных гидрофобных сорбентов, поглощающих органические соединения из влажного воздуха. В основе синтеза лежит изменение кристаллической структуры предшественников: цеолитов USY и HCBM, не обладающих гидрофобными свойствами. Технология гидрофобизации включает в себя стабилизацию предшественника, выведение из его каркаса атомов алюминия и последующее устранение дефектов кристаллической структуры гидротермальной обработкой при температуре 780...820 °С. При совместном воздействии высокой температуры и воды ускоряется гидролиз каркасного алюминия, который выводится из структуры цеолита, и, таким образом, ликвидируются каркасные заряженные центры, на которых осуществляется сорбция молекул воды. Известно, что возможно получение гидрофобного цеолита типа FAU из предшественника с соотношением Si/Al существенно больше 20. В ОАО «Корпорация «Росхимзащита» получены гидрофобный цеолит типа FAU с соотношением Si/Al от 10 до 20 и разработана технология получения сорбента на его основе. Варьирование условий гидротермальной обработки (температурный режим, содержание пара в парогазовой смеси, длительность обработки) позволяет получить образцы цеолита либо с большей гидрофобностью, либо большей сорбционной ёмкостью.

Экспериментально установлено, что в статических условиях предварительное насыщение гидрофобных сорбентов парами воды практически не уменьшает поглощение ими органических веществ (на примере толуола). Статическая сорбционная ёмкость паров толуола составляет 0,28 см³/г для сорбента типа FAU и 0,15 см³/г для сорбента типа MFI при $p/p_s = 0,5$; 0,16 см³/г и 0,12 см³/г соответственно при $p/p_s = 0,1$. Статическая сорбционная ёмкость паров воды составляет 0,01 см³/г при $p/p_s = 0,1$ для обоих типов гидрофобных сорбентов. В ходе динамических испытаний образцы поглощают около 1% воды из воздуха с относительной влажностью 70%. Образцы гидрофобных сорбентов испытывались в циклах регенерация – охлаждение – сорбция, и представляются перспективными для работы в системах очистки воздуха от парогазовых загрязнений с термической регенерацией сорбента (TSA). Температура сорбции 20...22 °С, расход воздуха 10 л/мин, относительная влажность 70%. В качестве адсорбатов выбраны аммиак, толуол и н-декан. Длительность каждой стадии цикла 10 мин. Время защитного действия по н-декану составило 15 мин. Проведено по 100 сорбционных циклов для образцов гидрофобных сорбентов по аммиаку, толуолу и н-декану. Установлено, что сорбенты полностью регенерируются при температуре 200...300 °С, сохраняя свои сорбционные свойства и гидрофобность.

Ю. А. Суворова¹, Н. Ф. Гладышев¹, Т. В. Гладышева¹,
М. А. Смутьская², Ю. Н. Филатов²

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²«Научно-исследовательский физико-химический институт
им. Л. Я. Карпова» РАН, г. Москва

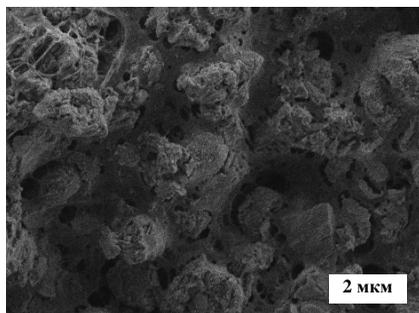
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗВЕСТКОВЫХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ С ПОЛИМЕРНЫМ СВЯЗУЮЩИМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

В последние десятилетия в мире интенсивно развиваются технологии создания полимерно-неорганических композиционных материалов, сочетающих комбинацию свойств полимерного связующего и функционального наполнителя. Цель настоящей работы – получить поглотитель диоксида углерода CO_2 в виде композиционного материала, обладающего высокими сорбционными и прочностными характеристиками.

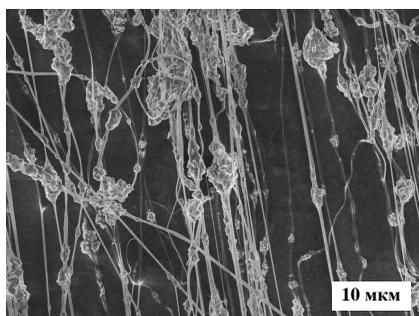
Композиционный поглотитель получали с применением растворов фторполимера по двум технологиям. По первой технологии образцы известкового поглотителя получали из смеси « $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Ф-42 В – ацетон» в форме листового материала. Количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по отношению к Ф-42 В составляло 85...90%. Смесь наносили на листовую основу, в качестве которой использовали спанбонд, полимерные сетки и др. По второй технологии композиционные образцы получали в форме нетканого волокнистого материала электроформованием суспензии « $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Ф-42 В – этилацетат» на установке капиллярного типа. Количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по отношению к Ф-42 В составляло 80%. Растворитель испарялся в процессе формования материала, остаточное количество растворителя удаляли сушкой при температуре от 80 до 100 °С. Полученные по двум технологиям образцы обрабатывали водяным паром и раствором гидроксида калия КОН до влажности $(18 \pm 2) \%$ и содержания КОН $(4,5 \pm 0,2) \%$.

Образцы известкового поглотителя с полимерным связующим исследованы методами физико-химического анализа: сканирующей электронной микроскопией (СЭМ), термогравиметрией (ТГА), БЭТ, одноосного растяжения.

СЭМ изображения образцов (рис. 1) показали, что в листовом поглотителе частицы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ прочно удерживаются в пористой полимерной матрице, в образцах волокнистого поглотителя сетчатая структура образована полимерными волокнами, в протяжённость которых включены частицы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ размером 2...20 мкм, что обуславливает



a)



б)

Рис. 1. СЭМ изображение образца листового (а) и образца волокнистого (б) поглотителей

влаго- и газопроницаемость образцов. ТГА показал, что фторполимер устойчив при нагревании до температуры 160...170 °С, что отвечает условиям эксплуатации поглотителя в рабочей зоне (не более 100 °С).

Исследованы сорбционные свойства в потоке влажного воздуха с повышенной концентрацией CO_2 (4%, об.) полученных материалов и листового известкового поглотителя ExtendAir (США), в состав которого входит 5...10% полиэтилена. Сорбционная ёмкость полученных образцов известкового листового поглотителя составила в среднем 125 $\text{дм}^3/\text{кг}$, волокнистого поглотителя – 96 $\text{дм}^3/\text{кг}$, поглотителя ExtendAir – 85 $\text{дм}^3/\text{кг}$.

Полученный по двум технологиям материал обладает гибкостью, эластичностью, не пылит. Из материала могут быть сформированы рулоны, пластины различной геометрической конфигурации для использования в системах защиты органов дыхания индивидуального и коллективного типов.

М. П. Вихляева¹, Н. Ф. Гладышев¹, Т. В. Гладышева¹,
Ю. А. Суворова¹, С. Б. Путин¹, С. И. Дворецкий^{2*}

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ К CO₂ ЛИСТОВОГО ИЗВЕСТКОВОГО ХЕМОСОРБЕНТА В СОСТАВЕ ПОГЛОТИТЕЛЬНЫХ ПАТРОНОВ ДЛЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

В настоящее время наиболее перспективным методом очистки газов от диоксида углерода CO₂ считается химическая адсорбция. Из широкого спектра применяемых для этого процесса поглотителей можно выделить известковые хемосорбенты на основе гидроксида кальция Ca(OH)₂ ввиду их высокой эффективности, экономичности, безопасности для человека, что важно для использования в системах жизнеобеспечения.

Известковые поглотители выпускаются мировой промышленностью в виде гранул, таблеток различных марок: DrägerSorb (Германия); Carbolime, Sodorb (Великобритания); Wakolime A (Япония), Amsorb (Северная Ирландия), ХП-И (Россия) и др.

С целью улучшения эксплуатационных характеристик в последние десятилетия в мире ведутся исследования по разработке известковых хемосорбентов в форме листового материала с введением в состав полимерного компонента. Данные поглотители могут изготавливаться в форме полотен, штор, рулонов, пластин необходимой геометрической формы, удобных для использования в средствах защиты индивидуального (респираторах, используемых в горноспасательном, газо-спасательном и пожарном деле, ребризерах для дайвинга) и коллективного типа (подводных лодках, космических кораблях, спасательных объектах). Достоинствами таких хемосорбентов являются: развёрнутая поверхность хемосорбции, удобство переноса и др.

В России в ОАО «Корпорация «Росхимзащита» разработан хемосорбент марки ХЭЛП-ИК ТУ 2165-235-05807954–2008 (химический эластичный листовой поглотитель известково-калиевый). Способ изго-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, соглашение № 14.В37.21.0407 от 06.08.2012 г.

товления данного поглотителя заключается в расположении водной дисперсии $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в виде пасты влажностью 40...45% между слоями пористого полимерного материала, формовании хемосорбента в виде листа толщиной $(1,8 \pm 0,2)$ мм путём прокатывания полученной структуры между валками и сушки до содержания остаточной влаги 17...22% [1, 2]. Такой способ позволяет получать листы известкового поглотителя, которые могут сворачивать в рулон или из изготовленных листов определённой геометрической конфигурации можно формировать кассеты, получая тем самым переснаряжаемые патроны для очистки выдыхаемого воздуха от CO_2 для аппаратов индивидуального пользования.

В настоящей работе приведены результаты испытания поглотителя ХЭЛП-ИК в динамических условиях в составе поглотительных патронов для средств защиты органов дыхания.

Для испытаний были изготовлены кассеты, снаряжённые поглотителем ХЭЛП-ИК, для изолирующего регенеративного респиратора Р-30 (Украина). Респиратор Р-30 используется во время выполнения горноспасательных и технических работ в угольных шахтах и в других отраслях промышленности, где необходима защита органов дыхания человека. Кассеты состояли из пластин поглотителя в форме трапеций с основаниями размером 9 и 10 см (рис. 1, а), между которыми размещали полимерные сетки для обеспечения жёсткости кассеты и беспрепятственного прохождения газо-воздушной смеси (ГВС) между слоями пластин поглотителя. Масса хемосорбента ХЭЛП-ИК в кассете составляла $(1,9 \pm 0,3)$ кг.



а)



б)

Рис. 1. Хемосорбент ХЭЛП-ИК, выполненный в виде:
а – поглотительной кассеты для размещения в патроне Р-30;
б – поглотительного картриджа для размещения в патроне Apocalypse

Также были изготовлены картриджи диаметром ($13,5 \pm 0,2$) см из поглотителя ХЭЛП-ИК для размещения в патроне Arosalypse (Великобритания). Патрон Arosalypse используется в аппаратах для дайвинга. Картриджи формировали в виде рулона (рис. 1, б) при совместной спиральной скрутке поглотителя шириной ($19,5 \pm 0,2$) см, длиной (425 ± 25) см с листом полимерной сетки таким образом, что слои сетки находились между слоями хемосорбента для обеспечения газопроницаемости рулона и подвода газовой смеси (ГВС) к активной поверхности хемосорбента. Масса поглотителя в картридже составляла ($1,75 \pm 0,10$) кг.

Исследование поглотительных кассет в составе поглотительного патрона респиратора Р-30 и картриджа в составе патрона Arosalypse проводили в пульсирующем потоке на стенде-имитаторе внешнего дыхания человека «Искусственные лёгкие» в «Испытательном центре «Спиротехнотест» ОАО «Корпорация «Росхимзащита» в соответствии с ГОСТ 6755–88 «Поглотитель химический известковый ХП-И. Технические условия» при следующих условиях: объёмный расход газовой смеси – $30 \text{ дм}^3/\text{мин}$; объёмный расход CO_2 – $1,2 \text{ дм}^3/\text{мин}$; объёмная доля CO_2 в ГВС – 4%; температура ГВС – $35 \text{ }^\circ\text{C}$; влажность – не менее 80%; частота пульсации – $(20 \dots 24) \text{ мин}^{-1}$. Во время испытаний поглотительный патрон Arosalypse погружали в резервуар с водой температурой (4 ± 1) $^\circ\text{C}$. Испытания продукта ХЭЛП-ИК в составе Р-30 проводили до проскоковой объёмной доли CO_2 на выходе из патрона 1,5%, в составе Arosalypse – 1%. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Опыт № 2.5 проводили с предварительной выдержкой патрона при температуре $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 30 мин.

По данным таблицы 1 видно, что хемосорбент ХЭЛП-ИК в составе поглотительных патронов имеет высокие сорбционные характеристики.

Химическая активность к CO_2 известкового поглотителя ХЭЛП-ИК в составе поглотительного картриджа патрона Arosalypse исследована на динамической установке замкнутого цикла, имитирующей работу в космическом скафандре (рис. 2).

Во время испытаний ГВС из патрона поступала в смесительную камеру объёмом $0,2 \text{ м}^3$, куда дополнительно подавался CO_2 , далее ГВС подавалась в патрон, регистрировалась объёмная доля CO_2 на входе и выходе из поглотительного патрона. Испытания проводили при следующих условиях: объёмный расход ГВС – $60 \text{ дм}^3/\text{мин}$; объёмный расход CO_2 – $44,8 \text{ дм}^3/\text{мин}$; температура ГВС – от 25 до $30 \text{ }^\circ\text{C}$; влажность – более 80%. Кривые изменения объёмной доли CO_2 в ГВС на входе и выходе из патрона представлены на рис. 3.

1. Результаты испытаний известкового поглотителя ХЭЛП-ИК на динамической установке «Искусственные лёгкие»

№	Проскоковая объёмная доля CO ₂ в воздухе на выходе из патрона, %		Время защитного действия до объёмной доли CO ₂ на выходе из патрона 1%, мин	Время защитного действия до объёмной доли CO ₂ на выходе из патрона 1,5%, мин.	Количество поглощённого CO ₂		Влажность продукта после испытаний, %	Максимальная температура воздуха на выходе из патрона, °С
	в первые 40 мин определения	через 120 мин от начала определения			по расчёту, дм ³ /кг	по химическому анализу, дм ³ /кг		
1. Респиратор Р-30								
1.1	0,61	0,82	185	313	156,4	143,6	15,8	48,6
1.2	0,28	0,42	250	300	203,0	160,0	8,0	51,8
1.3	0,25	0,62	210	292	134,4	135,0	20,0	40,6
1.4	0,14	0,33	182	244	152,3	142,2	19,2	51,2
2. Поглотительный патрон Apocalypse								
2.1	0,01	0,16	199		125,2	112,6	21	39,6
2.2	0,05	0,1	171		113,4	106,1	17,5	42,2
2.3	0,05	0,27	189,5		127,4	117,2	19,8	40,4
2.4	0,09	0,46	160,5		102,6	87,9	24,7	40,6
2.5	0,14	0,33	182		109,4	127,7	20,7	39,6
ГОСТ 6755–88	не более 0,1	не более 0,5						не более 50

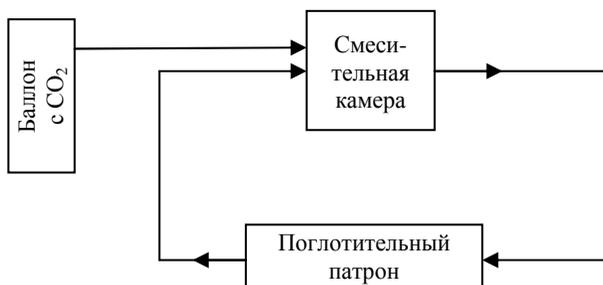


Рис. 2. Принципиальная схема динамической установки замкнутого цикла

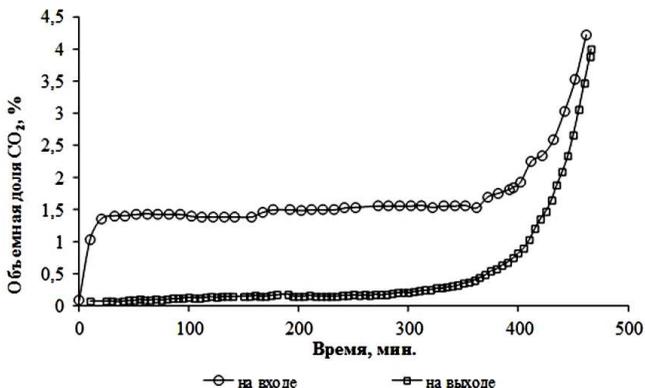


Рис. 3. Кривые изменения объёмной доли CO₂ в ГВС на входе и на выходе из патрона за слоем поглотителя при испытании на установке замкнутого цикла

Время защитного действия до объёмной доли CO₂ на выходе из патрона за слоем поглотителя 4% составило 7 ч 45 мин, при этом количество поглощённого CO₂ составило 196,5 дм³/кг.

Результаты испытаний хемосорбента ХЭЛП-ИК в составе поглотительных патронов показали высокую механическую прочность при сборке и эксплуатации аппаратов, технологичность и оперативность сборки. Одним из преимуществ кассет и картриджей с хемосорбентом является лёгкость и быстрота их переснаряжения.

Высокие сорбционные свойства, возможность работы при низких температурах окружающей среды, высокая сорбционная активность после хранения при отрицательных температурах обеспечивают возможность использования поглотителя ХЭЛП-ИК, разработанного в ОАО «Корпорация «Росхимзащита», в средствах защиты индивидуального типа для широкого круга приложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Известковые** поглотители нового поколения / Н. Ф. Гладышев, Т. В. Гладышева, Б. В. Путин, С. Б. Путин. – Москва : Издательский дом «СПЕКТР», 2012. – С. 135.

2. **Пат. 2381831 Российская Федерация. МПК В01J20/04.** Способ изготовления химического адсорбента диоксида углерода / Гладышев Н. Ф., Гладышева Т. В. и др. ; заявитель и патентообладатель ОАО «Корпорация «Росхимзащита», Министерство промышленности и торговли. – № 2008118664 ; заявл. 12.05.08 ; опубл. 20.02.10 ; Бюл. № 5. – 8 с.

Ю. А. Гроховская¹, Л. Ю. Филиппова¹, В. Н. Шубина¹,
Н. П. Козлова¹, С. И. Дворецкий²

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛ-ОГРАНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ БЕНЗОЛТРИКАРБОКСИЛАТ МЕДИ ($\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$)

Очистка воздуха от вредных примесей техногенного и метаболического характера является важнейшей задачей как для замкнутых обитаемых помещений, так и для среды обитания человека в городских условиях. Широкое применение для удаления вредных примесей получили углеродные (активированные угли) и минеральные (силикагели, алюмогели, цеолиты) адсорбенты. В начале 1990-х годов открыт новый класс веществ – металл-органические супрамолекулярные структуры, имеющие высокоразвитую пористость и высокие удельные поверхности, в связи с этим обладающие уникальными адсорбционными свойствами.

В ОАО «Корпорация «Росхимзащита» получены образцы структуры бензолтрикарбоксилат меди ($\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$). Синтез образцов проводился сольватотермическим способом с использованием нитрата меди и 1,3,5 – бензолтрикарбоновой кислоты ($(\text{H}_3(\text{BTC}))_2$) в качестве лиганда. Рентгенограммы полученных образцов полностью идентичны приведённым в литературных источниках [1] – [3].

Структура $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ имеет два типа пор: центральные квадратного сечения с эквивалентным диаметром 0,9 нм и боковые тетраэдрические карманы, с эквивалентным диаметром 0,6 нм, соединённые основными каналами в виде треугольных отверстий размером 0,35 нм. В первичном структурном блоке присутствуют два атома типа атомов кислорода, принадлежащих различным группам: кислород карбоксилатной группы и слабосвязанный кислород из *координационно связанной воды*. Такая структурная характеристика обуславливает двойные свойства каркаса: гидрофильность основной поры, с одной стороны, и более гидрофобный характер маленьких пор вокруг тримезинового блока – с другой.

По данным ДТА определена термическая устойчивость $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$, которая составляет 290 °С. При температурах свыше 290 °С образец теряет 47,3% по массе, что соответствует разложению образца до CuO . Таким образом, температурный интервал для активации образца находится в интервале температур 130...200 °С.

Статическая сорбционная ёмкость паров бензола при различных p/p_s (0,15; 0,5; 0,75) составляет, соответственно, 0,28; 0,31 и 0,33 $\text{см}^3/\text{г}$. Изотерма адсорбции бензола на $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ хорошо аппроксимируется уравнением Ленгмюра. Рассчитанная удельная поверхность составляет 1370 $\text{м}^2/\text{г}$, что удовлетворительно согласуется с приведёнными в литературе данными (1200...2000 $\text{м}^2/\text{г}$) [4], [5].

Адсорбционная ёмкость по воде при $p/p_s = 0,75$ составляет 0,42 $\text{см}^3/\text{г}$, что превышает ёмкость NaX в 1,5 раза. Таким образом, становится возможным использования $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ в качестве эффективного осушителя.

Экспериментально установлено, что предварительное насыщение парами воды структуры $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ приводит к уменьшению величины адсорбции по бензолу. Для снижения гидрофильности проведён синтез со смешанными лигандами, в качестве которых взяты в различных соотношениях: 1,3,5 – бензолтрикарбоновая кислота ($(\text{H}_3(\text{BTC})_2)$) и терефталевая кислота. В результате данного синтеза получена новая металл-органическая структура с пониженной сорбционной ёмкостью по воде без ухудшения адсорбционных свойств по бензолу.

Значительным преимуществом структуры $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ является способностью менять цвет в процессе адсорбции, что делает возможным использовать данную структуру в качестве индикатора вредных веществ, а также контролировать процесс адсорбции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Wang, Qing Min.** Metallo-organic polymers for gas separation and purification / Qing Min Wang. – 6491740 US, 10 12. – 2002. – В 1.
2. **Rowell, J. L. C.** Metal-Organic Frameworks: A New Class of Porous Materials. Microporous Mesoporous Mater / J. L. C. Rowell, O. M. Yaghi. – 2004. – Vol. 73. – P. 3 – 24.
3. **Metal-Organic** Frameworks Based on Trigonal Prismatic Building Blocks and the New “asc” Topology, Inorg.Chem / A. C. Sudic, N. W. Ockwig, A. P. Cote, O. M. Yaghi. – 2005. – Vol. 44. – P. 2998 – 3000.
4. **Furukama, H.** Ultrahigh Porosity in Metal-Organic Frameworks. Science / H. Furukama. – 2010. – Vol. 329. – P. 424 – 428.
5. **Kupplera, Ryan J.** Potential applications of metal-organic frameworks. Coordination Chemistry Reviews / Ryan J. Kupplera. – 2009. – Vol. 253. – P. 3042 – 3066.

Д. С. Дворецкий, С. Г. Толстых, Е. И. Акулинин, Г. А. Чернов

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов*

ВЛИЯНИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ОБОГАЩЕНИЯ ВОЗДУХА КИСЛОРОДОМ В ПОРТАТИВНОЙ УСТАНОВКЕ КОРОТКОЦИКЛОВОЙ АДСОРБЦИИ

При проектировании установок короткоциклового адсорбции (КЦА) возникает проблема обеспечения их эффективной работы, что связано с наличием неопределённостей в исходных данных. Так, в зависимости от условий работы, объёмная концентрация кислорода в атмосферном воздухе может меняться от 19 до 23%, величина предельного адсорбционного объёма адсорбента является постоянной только для определённой партии адсорбента и может изменяться от партии к партии в пределах 30%, температура окружающего воздуха может варьироваться от 0 до 40 °С [1], [2]. Поэтому можно говорить о том, что данные параметры для установки КЦА являются неопределёнными [3].

С целью изучения влияния неопределённых параметров на процесс обогащения воздуха кислородом в портативной установке КЦА нами построены допустимые области значений с использованием математической модели обогащения воздуха кислородом [4] при следующих ограничениях: концентрация кислорода на выходе из установки КЦА: $C_{O_2}^{в\text{ых}} \geq [C_{O_2}^{в\text{ых}}]_{\text{зад}}$, производительность по смеси, обогащённой кислородом на выходе: $Q \geq Q_{\text{зад}}$.

Исходные данные, использованные при построении допустимых областей значений неопределённых параметров, представлены в табл. 1. Расчёт производился при следующих значениях варьируемых параметров математической модели [4]: коэффициент обратной промывки $\theta = [1,4...2,8]$; длительность цикла адсорбции – десорбции $\tau_{\text{ц}} = [2...6]$ с.

Значения неопределённых параметров лежали в следующих пределах: предельный адсорбционный объём $W_0 = [0,155...0,205]$, $\text{м}^3 \times 10^{-6}/\text{кг}$; концентрация кислорода в исходной смеси $C_{O_2}^{\text{вх}} = [19...21]$, % об.; температура окружающей среды $T = [273...313]$, К. Построенные области представлены на рис. 1 и 2.

1. Константы модели

Характеристика	Единица измерения	Значение
Высота адсорбера H	м	0,3
Диаметр адсорбера D	м	0,035
Относительный объём вторичных пор адсорбента ε	$\text{м}^3/\text{м}^3$	0,394
Эквивалентный диаметр частиц адсорбента d_s	м	2×10^{-4}
Характеристическая энергия адсорбции E_0	Дж/моль	16 800
Насыпная плотность адсорбента ρ_a	$\text{кг}/\text{м}^3$	660
Концентрация кислорода на выходе из установки $C_{\text{O}_2}^{\text{вых}}$	% об.	90
Производительность по смеси, обогащённой кислородом $Q_{\text{зад}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	5×10^{-5}

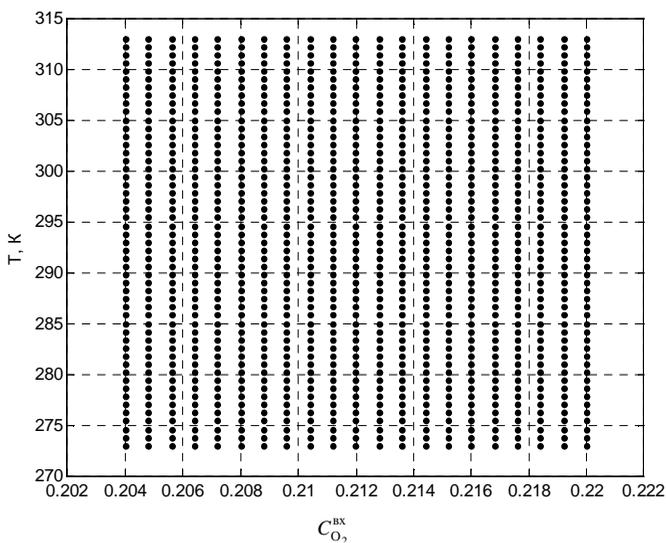


Рис. 1. Допустимая область значений неопределённых параметров T и $C_{\text{O}_2}^{\text{bx}}$ при $\theta = [1,4 \dots 2,8]$, $\tau_{\text{ц}} = 6$ с

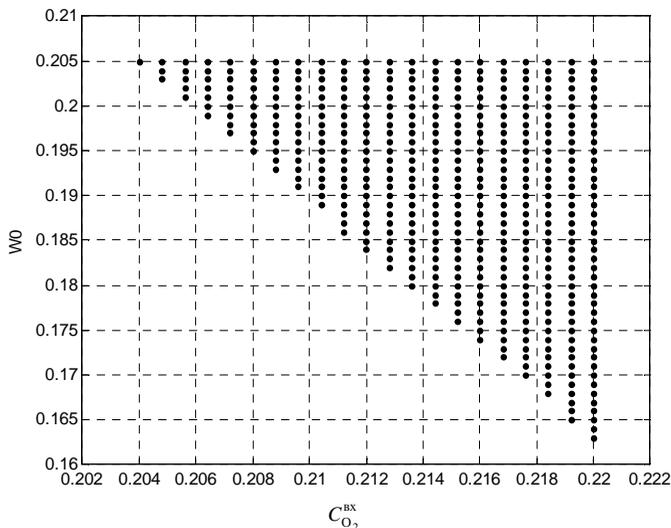


Рис. 2. Допустимая область значений неопределённых параметров W_0 и $C_{O_2}^{BX}$ при $\theta = [1,4\dots2,8]$, $\tau_{ц} = 6$ с

Анализ полученных данных позволяет заключить, что влияние температуры окружающей среды T на концентрацию кислорода на выходе из установки $C_{O_2}^{BX}$ при заданных ограничениях несущественно, в то время как основное влияние оказывают значения величины предельного адсорбционного объёма адсорбента W_0 и концентрации кислорода в исходной смеси $C_{O_2}^{BX}$. Полученные данные необходимо учитывать при разработке методики проектирования портативных установок КЦА в условиях неопределённости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ruthven, D. M.** Pressure swing adsorption / D. M. Ruthven, S. Farooq, K. S. Knaebel. – University of New Brunswick Fredericton. – Canada : VCH Publishers, Inc, 1994. – 352 p.
2. **Дубинин, М. М.** Адсорбция и пористость : учебное пособие / М. М. Дубинин. – Москва : Изд-во ВАХЗ, 1972 – 124 с.
3. **Кельцев, Н. В.** Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев. – Москва : Химия, 1984. – 592 с.
4. **Моделирование** процесса обогащения воздуха кислородом в установке короткоциклового адсорбции / Е. И. Акулинин, Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий, Е. Н. Туголуков // Химическая технология. – 2012. – № 4. – С. 247 – 256.

В. В. Гайдай, Р. Х. Фатхутдинов, В. В. Уваев, В. Р. Байрамова

*ОАО «Казанский химический научно-исследовательский институт»,
г. Казань*

НОВЫЙ ХИМЗАЩИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ФИЛЬТРУЮЩЕГО ТИПА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА

Многолетние работы ОАО «КазХимНИИ» по созданию химзащитных материалов фильтрующего типа позволили разработать материал УЗМ-ПВС на основе мелкодисперсного активного угля, предназначенный для изготовления респираторов-капюшонов и самоспасателей, и технологию производства этого материала на пропиточной линии опытно-промышленного производства ОАО «КазХимНИИ».

Два слоя материала УЗМ-ПВС обеспечивают защиту от паров хлора, аммиака, хлористого водорода, сернистого ангидрида при их концентрации в воздухе, соответствующей первому классу по ГОСТ Р 22.9.09–2005, на уровне не менее 20 мин.

Материал УЗМ-ПВС работоспособен в интервале температур окружающей среды $-30...+40$ °С, обладает низким значением сопротивления постоянному потоку воздуха при расходе 30 л/мин – не более 20 Па для двухслойного пакета материалов.

Сочетание этих характеристик позволяет эффективно использовать разработанный материал для изготовления бескоробочных самоспасателей с развёрнутой поверхностью фильтрации, таких как самоспасатели капюшонного типа «КЗУ-М» и «КЗУ-2», предназначенные для эвакуации населения из зон химического заражения, образовавшихся в результате террористических актов или техногенных аварий.

Технология производства материала УЗМ-ПВС основана на импрегнировании текстильной подложки из хлопчатобумажного волокна водной суспензией порошкового активированного угля дисперсностью не более 100 мкм. Для стабилизации суспензии в неё вводят водный раствор спирта поливинилового (ПВС) и золь кремневой кислоты в соотношении: 1 часть – уголь; 0,16 частей – ПВС; 1,7 частей – кремнезоль (кремнезоль добавляется в виде 30% раствора).

Импрегнирование производится на пропиточной линии путём погружения текстильной подложки в суспензию с последующим прохождением через валки плюсовки. Скорость пропитки не менее 4 м/мин, давление валков плюсовки не более 1,2 кг. Полученный материал подвергается сушке в сушильной камере при температуре 100...110 °С. Пропитку осуществляют в два прохода.

Технология изготовления материала УЗМ-ПВС не требует использования специального оборудования, оснастки. Производство материала базируется на имеющемся опытно-промышленном оборудовании и доступном отечественном сырьё.

УДК 66.067.8.081.3:661.183.1

А. Е. Бураков, И. В. Романцова, А. Е. Кучерова, А. Г. Ткачев

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов*

СОЗДАНИЕ НОВОГО ВИДА ПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Тяжёлые металлы даже при малых концентрациях могут оказывать канцерогенное воздействие на здоровье человека, вызывать тяжёлые патологии жизненно важных органов, вызывать хрупкость костной ткани. Большую опасность представляют тератогенные свойства тяжёлых металлов.

Разработка высокоэффективных материалов для извлечения тяжёлых металлов из водных сред является важнейшей задачей при создании новых средств индивидуальной/коллективной защиты здоровья и жизнеобеспечения человека.

Авторами разработан технологический процесс поверхностного модифицирования пористой архитектуры современных сорбирующих материалов (активированных углей, цеолитов) структурами углеродных нанотрубок, имеющих регулируемые параметры. Предложена схема данного процесса, включающая стадии: 1) сушка сорбента на воздухе при 120...150 °С; 2) пропитка поглотителя раствором прекурсоров катализатора, предварительно обработанным при 80 °С; 3) прокаливание импрегнированного образца при 500...550 °С; 4) синтез углеродных нанотрубок в опытно-промышленном реакторе; 5) кислотная очистка наномодифицированных образцов от частиц катализатора и аморфного углерода. Проведены исследования процесса извлечения ионов Co^{2+} и Ni^{2+} из модельных водных растворов нитрата кобальта (исходные концентрации 0,172...1,856 М), хлорида никеля (0,05...1 М).

В качестве сорбентов использовались стандартные (АГ-5, NWC) и модифицированные активированные угли (АГ-5-Н, NWC-Н). Сравнительные значения статической адсорбционной ёмкости экспериментальных образцов сорбентов приведены на рис. 1.

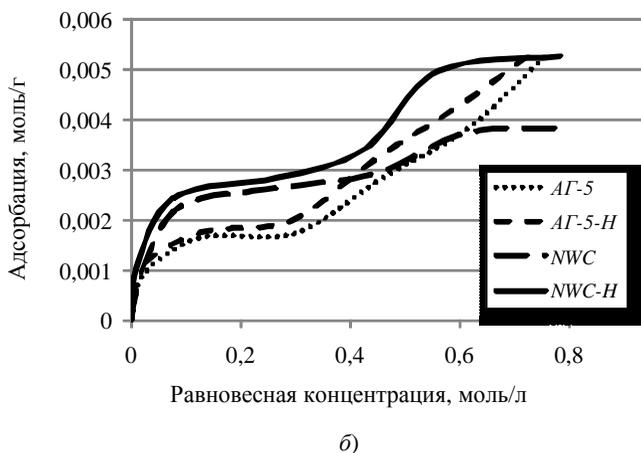
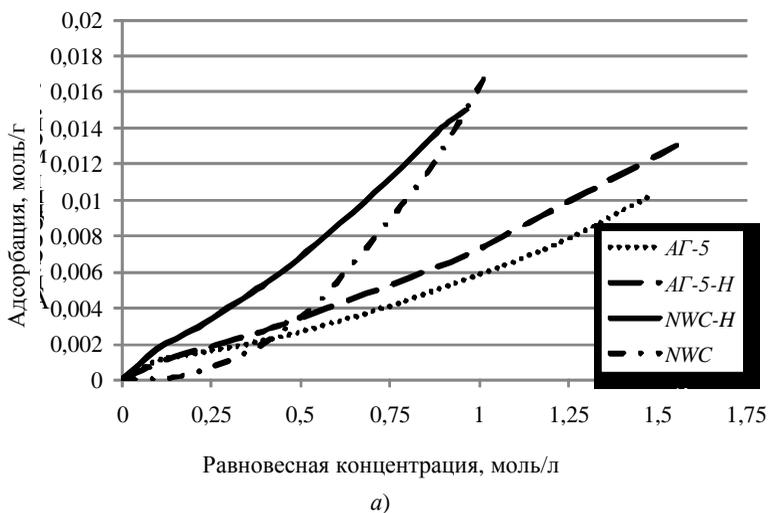


Рис. 1. Изотермы адсорбции ионов Co^{2+} (а) и Ni^{2+} (б) из водных растворов на активированных углях марок АГ-5, АГ-5-Н, NWC, NWC-Н

Показано, что углеродное наномодифицирование приводит к увеличению поглощающей способности исследуемых материалов по отношению к ионам Co^{2+} на 30% и к ионам Ni^{2+} на 10...15%. Модифицирование углеродными нанотрубками позволяет расширить область применения активированных углей в системах очистки водных сред от тяжёлых металлов.

А. А. Прибылов¹, К. О. Мурдмаа¹, Н. А. Скибицкая², Л. А. Зекель³

¹ФГБУН Институт физической химии и электрохимии
им. Фрумкина РАН, г. Москва;

²ФГБУН Институт проблем газа и нефти РАН, г. Москва;

³ФГБУН Институт нефтехимического синтеза РАН, г. Москва

СОРБЦИЯ МЕТАНА, ЭТАНА, ПРОПАНА, БУТАНА, ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И АЗОТА НА АСФАЛЬТЕНЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 303, 323, 343 К

Изучение сорбции метана, этана, пропана, бутана, диоксида углерода и азота на высокомолекулярных органических веществах, в частности на асфальтенах, имеет не только научный интерес, но и чисто практическое значение. Хорошо известно, что в отложениях газоконденсатных месторождений помимо газопаровой фазы присутствуют высокомолекулярные соединения, такие как асфальтены, смолы, парафины, жидкие флюиды и другие компоненты. Поэтому при оценке запасов газа в недрах газоконденсатного месторождения, необходимо учитывать часть газа, поглощённого этими компонентами.

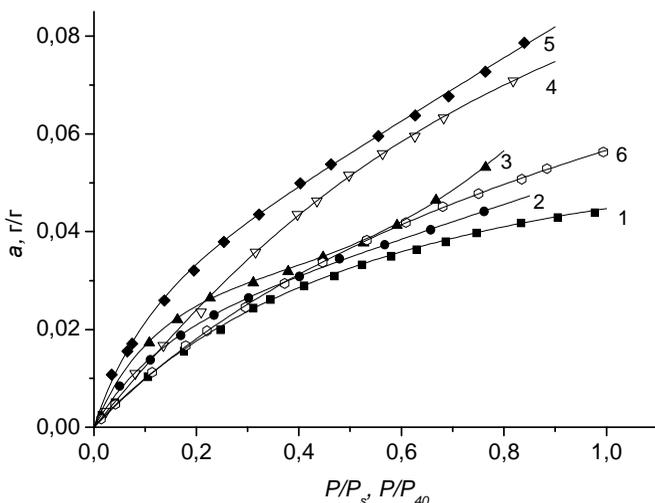


Рис. 1. Изотермы сорбции различных газов на асфальтене, измеренные при $T = 303$ К:

1 – метан; 2 – этан; 3 – пропан; 4 – бутан; 5 – диоксид углерода; 6 – азот

1. Элементный состав асфальтенов

Элементы	C	H	S	N	O	S + N + O
масс. %	79,57	10,64	4,21	1,81	3,77	9,79

Оценка потенциальной газоносности позволяет создать научно обоснованную стратегию безопасной эксплуатации месторождения.

Цель данной работы: исследование сорбции вышеперечисленных газов асфальтенами при условиях, близких к условиям в продуктивных пластах газоконденсатных месторождений (рис. 1). Элементный состав использованных в экспериментах асфальтенов представлен в табл. 1.

Измерения изотерм сорбции проводились при температурах 303, 323 и 343 К в диапазонах давления: метан и азот 0,1...40 МПа, диоксид углерода 0,1...6 МПа, этан 0,1...3,7 МПа, пропан 0,1...1 МПа, бутан 0,01...0,2 МПа. Для сравнения эффективности сорбции вышеперечисленных газов асфальтенами на рис. 1 представлены изотермы, измеренные при $T = 303$ К, где для этана, пропана, бутана и диоксида углерода по оси абсцисс отложены относительные давления P/P_s , а для метана и азота – P/P_{40} . Значение $P_{40} = 40$ МПа является максимальным давлением, измеряемым в эксперименте.

УДК 620.22

В. В. Родаев, В. В. Коренков, А. Р. Абакаров*

*Научно-образовательный центр «Нанотехнологии и наноматериалы»
ФБГОУ ВПО «Тамбовский государственный университет
им. Г. Р. Державина», г. Тамбов*

ЭЛЕКТРОФОРМОВАННЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ВОЛОКНА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Методом электроформования (электроспиннинга) из водного раствора поливинилового спирта и оксид-дихлорида циркония $ZrOCl_2$ синтезированы керамические нановолокна.

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашения 14.В37.21.1831, 14.В37.21.1628 и 14.132.21.1474; государственного задания на выполнение НИР и грантов Российского фонда фундаментальных исследований № 12-08-97551-р_центр_a и № 11-08-00968-а.

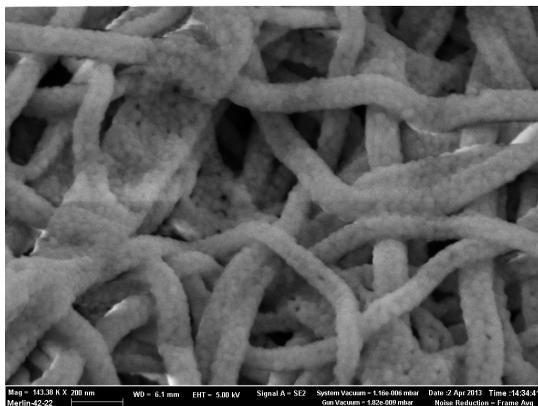


Рис. 1. СЭМ-изображение массива электроформованных керамических наноструктурированных волокон ZrO_2

Прядильный раствор был получен путём добавления в 9% водный раствор поливинилового спирта навески кристаллогидрата оксид-дихлорида циркония в массовом отношении 1:2 и последующего тщательного механического размешивания. Для получения композиционного полимерного волокнистого мата выбраны оптимальные условия по высокому напряжению, объёмному расходу прядильного раствора и расстоянию между электродами. При этом большее число электроформованных волокон имели диаметр в диапазоне 100...200 нм. Полученный нетканый материал был подвергнут процедуре отжига в муфельной печи в воздушной атмосфере при температуре 800 °С в течение одного часа. В результате прокаливании оксид-дихлорид циркония разлагается на диоксид циркония ZrO_2 и газообразный хлористый водород. Средствами сканирующей электронной микроскопии (рис. 1) установлено, что после процедуры отжига полимерное связующее полностью выгорает, а частицы оксида циркония образуют наноструктурированные керамические нановолокна. Размер частиц диоксида циркония составляет ~ 20 нм. Энергодисперсионный рентгеновский анализ показал отсутствие связанных атомов хлора в нановолокнах при соотношении атомных долей циркония и кислорода 1:2, что соответствует химической формуле ZrO_2 .

Таким образом, в работе показана возможность получения нановолокон из одного из самых перспективных керамических материалов – диоксида циркония, сочетающего высокую механическую прочность с низкой теплопроводностью, термической стойкостью, химической инертностью и биосовместимостью.

Е. Е. Ломовцева¹, М. А. Ульянова¹, С. Б. Путин¹, Н. Ц. Гагапова²,
И. А. Ряшенцева¹, С. А. Попова¹

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФБГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет, г. Тамбов

ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ ОСУШИТЕЛЬ ВОЗДУХА

На настоящий момент в технике и быту стали широко использоваться в качестве поглотителя воды акриловые полимеры, поглощающие капельную влагу до 3...5 г/г сухого вещества. Однако известные материалы не способны поглощать водяные пары из воздуха. В системах жизнеобеспечения (СЖО) на основе химической регенерации воздуха важно поддержание определённого влажностного режима. Поэтому актуальной задачей является создание новых эффективных материалов для поглощения паров воды.

Использование полимеров в виде нанесённых тонких плёнок на гигроскопичное волокно [1] позволяет получить новые эффективные материалы для осушки воздуха.

Для выбора волокнистой основы исследована сорбционная ёмкость в статических условиях следующих материалов: лавсан, вискоза, Арселон-1, Арселон-2, Арселон-3, ворсин с нанесённым полимером.

Экспериментальные данные, представленные на рис. 1 и 2, свидетельствуют, что наибольшей ёмкостью обладает материал Арселон-1, который и выбран для дальнейших испытаний.

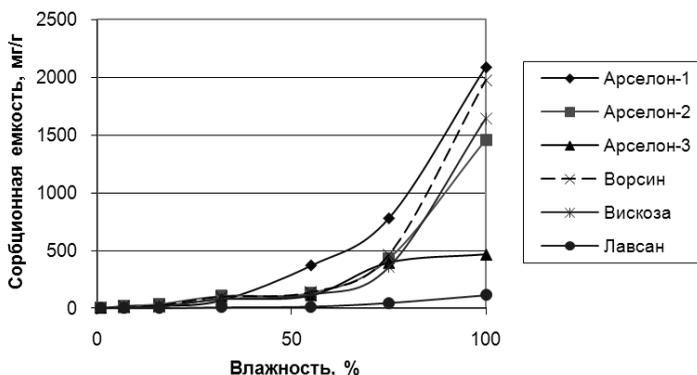


Рис. 1. Зависимость изменения сорбционной ёмкости материалов по воде от относительной влажности воздуха

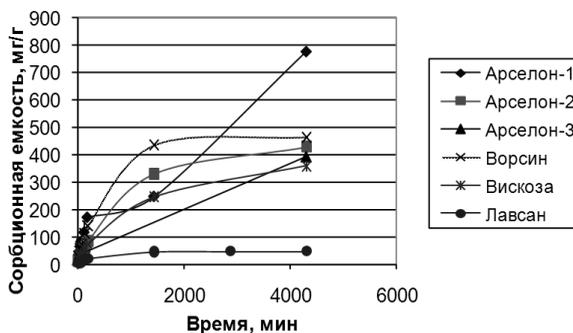


Рис. 2. Зависимость изменения сорбционной ёмкости материалов от времени выдержки при относительной влажности 75%

Исследования показали, что образец, изготовленный на основе материала Арселон-1 с нанесённым полиакрилатом, при относительной влажности около 80% поглощает 1000 мг/г паров воды. Этот показатель существенно увеличивается при влажности, близкой к 100% и принимает значение выше 2000 мг/г. Данные величины адсорбционной ёмкости существенно выше адсорбционной ёмкости известных материалов, таких как силикагели и цеолиты. Однако, кинетические характеристики исследуемых образцов соизмеримы с другими известными минеральными осушителями.

Для повышения эффективности осушителя при синтезе в пористую матрицу материала Арселон-1 вместе с полимером были введены растворы гигроскопичных солей. Для выбора активного влагопоглощающего вещества использовали: хлориды лития, кальция и цинка, бромид и йодид лития. Концентрация соли в пропиточном растворе составляла 30%, соотношение КОН/акриловая кислота/соль равнялось – 1:1:1.

Анализ полученных данных, представленных в табл. 1, показывает, что значение сорбционной ёмкости осушителя, изготовленного на основе материала Арселон-1, импрегнированного 30% раствором хлорида лития, при относительной влажности воздуха 75% за 3 ч составляет 191,77 мг/г, а полная сорбционная ёмкость достигает 1015,64 мг/г. Данные величины адсорбционной активности существенно превышают адсорбционную активность других исследуемых материалов и известных сорбентов-осушителей: мелкопористые силикагели КСМГ, цеолиты – NaA.

Динамическая активность осушителей по парам воды оценивалась в прямоточном адсорбере. Полученные данные представлены на рис. 3. За критерий исчерпания защитной мощности принималось достижение концентрации паров воды на выходе 12 мг/дм³.

1. Кинетика сорбции паров воды образцами осушителя

№ образца	Гигроскопичная добавка	Величина сорбции, мг/г					
		Время, мин					
		15	30	45	60	120	180
1	LiCl	42,77	58,86	77,26	97,26	135,66	191,77
2	CaCl ₂	24,64	36,96	45,11	53,66	83,47	94,99
3	ZnCl ₂	11,02	17,4	20,84	26,53	40,14	166,06
4	LiBr	30,87	49,22	63,68	76,91	130,01	171,28
5	LiI	31,43	50,55	70,62	90,5	130,46	181,47

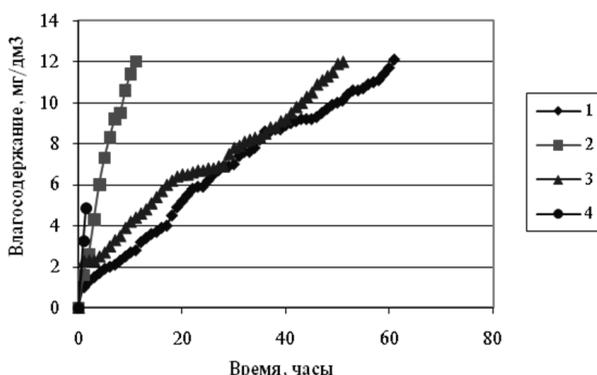


Рис. 3. Зависимость влагосодержания исследуемых материалов от времени в процессе динамических испытаний:

- 1 – Арселон-1 с нанесённым полимером; 2 – исходный материал Арселон-1;
 3 – Арселон-1с нанесённым полимером и гигроскопичной солью;
 4 – мелкопористый силикагель КСМГ

Результаты проведённых испытаний показали, что время *защитно-го действия* адсорбера с полимерным образцом более чем в пять раз превышает время *защитного действия* адсорбера с «пустым» материалом Арселоном-1 и позволяет эффективно вести осушку воздуха более 50 ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ульянова, М. А.** Поглотитель водяных паров на основе органического материала / М. А. Ульянова, Е. Е. Ломовцева, В. П. Андреев // Вопросы оборонной техники. – 2012. – Сер. 15, вып. 1(164) – 2(165). – С. 69 – 74.

С. М. Ширяев^{1,2}, М. А. Ульянова¹, В. П. Андреев¹,
В. А. Точилев¹, Ю. Б. Рылов¹

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФБГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА ГРАНУЛИРОВАННОГО РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПРОДУКТА

Особенностью работы регенеративного продукта (РП) является совмещение процесса хемосорбции углекислого газа с плавлением продуктов реакции, трансформацией в ходе отработки пористой структуры. Последнее происходит вследствие интенсивного газовыделения молекулярного кислорода.

Эффективность поглощения диоксида углерода регенеративным продуктом в ходе химической регенерации воздуха напрямую зависит от химического состава, степени дисперсности исходных компонентов, пористости и размеров гранул, порозности слоя.

Использование в системах жизнеобеспечения (СЖО) для регенерации воздуха чистых надперекисных соединений затруднено. При реакции с парами воды и диоксидом углерода на поверхности гранул образуется расплав, который затрудняет их диффузию к ещё не прореагировавшему веществу. В результате снижается эффективность использования надперекисей щелочных металлов.

Для повышения эффективности работы продукта для регенерации кислорода и поглощения CO_2 вводят различные катализаторы и структурообразующие добавки.

В качестве структурообразующей добавки для РП в данной работе использовалась силикатная добавка (SiO_2), имеющая форму наноразмерного волокна.

Для стабилизации работы РП и увеличения времени защитного действия предложено дополнительно внести в состав стабилизирующую добавку.

В качестве стабилизатора использовались следующие соединения: сульфат магния, гидроокись магния, окись магния.

Образцы РП изготовлены на основе надпероксида калия с добавлением двуоксида кремния и стабилизаторов MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и MgO . Проведены испытания изделий СПИ-20, снаряжённых регенеративными продуктами с различными стабилизаторами на установке «Искусственные лёгкие». Результаты испытаний приведены на рис. 1 и 2.

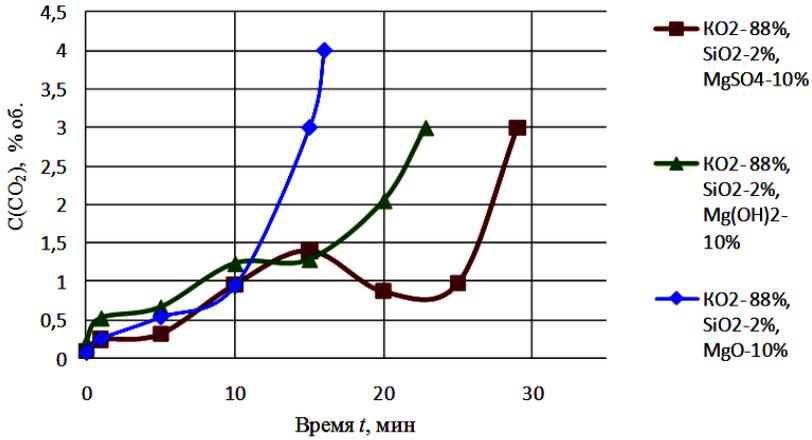
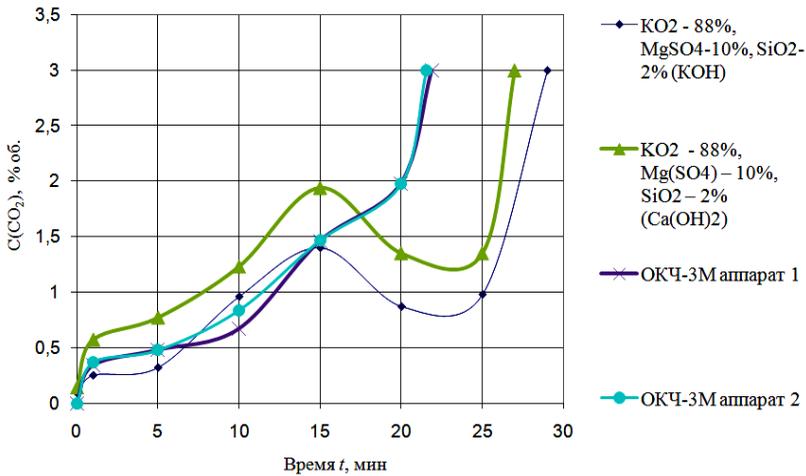


Рис. 1. Зависимость концентрации CO_2 на входе от времени работы аппарата



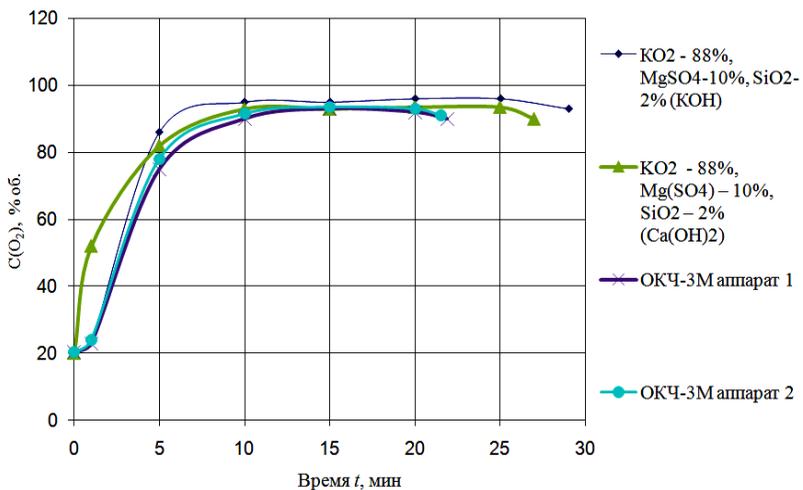
a)

Рис. 2. Зависимость концентрации CO_2 на входе от времени работы аппарата:

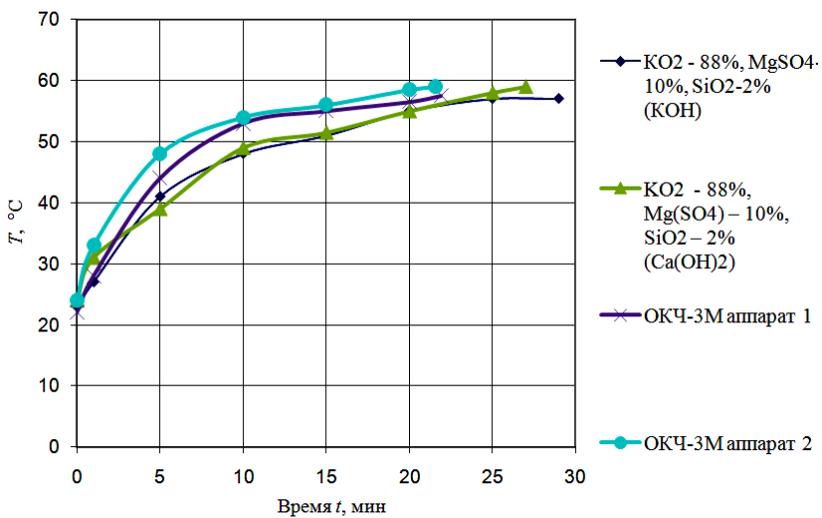
a – концентрации CO_2 (для исследования использовался надпероксид калия одной партии с содержанием активного кислорода 31,6 % масс.);

\bar{b} – концентрации кислорода; \bar{v} – температуры ГВС;

\bar{z} , \bar{d} – сопротивления дыханию

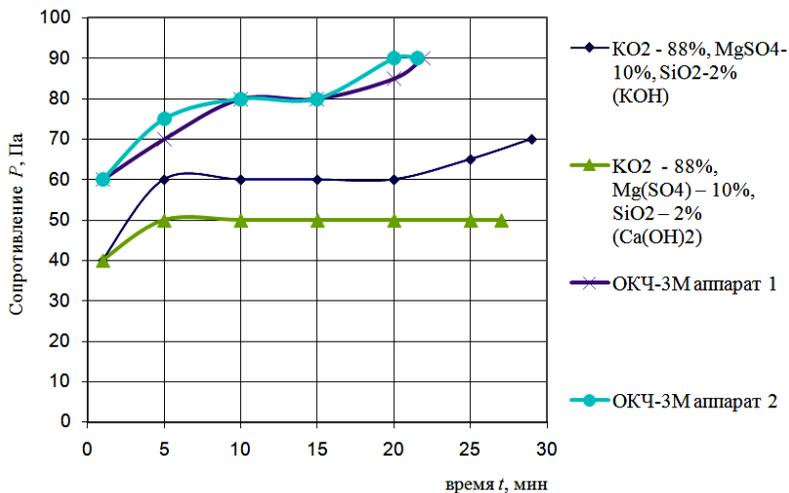


б)



в)

Рис. 2. Продолжение



з)

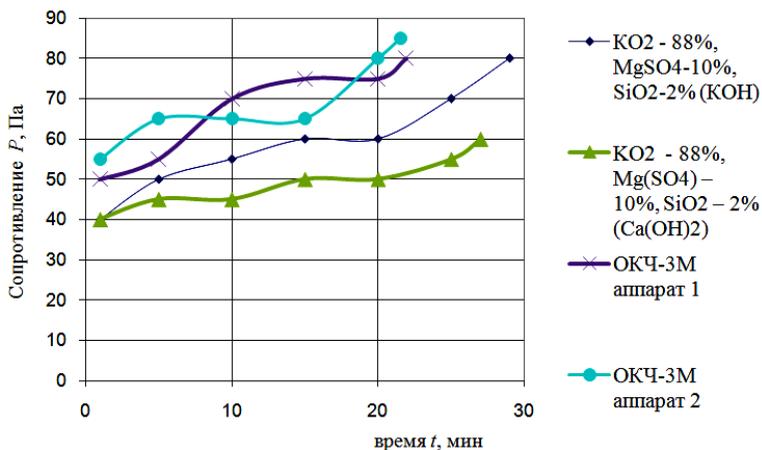


Рис. 2. Окончание

Результат испытаний показал (рис. 1), что большим временем защитного действия обладает изделие с РП, содержащим сульфат магния и силикатную добавку.

Результаты сравнительных испытаний экспериментальных образцов продуктов с серийным продуктом ОКЧ-3М в аналогичных условиях приведены на рис. 2.

Зависимость (рис. 2, а) показывает, что ВЗД аппарата с использованием РП с добавлением сульфата магния и диоксида кремния по сравнению с ОКЧ-3М увеличилось на 22%. При этом стоит отметить, что в основное время работы аппарата, в течение 25 мин, концентрация CO_2 на входе не превышает 1,5% об. Добавка КОН способствует снижению концентрации CO_2 на входе по сравнению с $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Из зависимости (рис. 2, б) следует, что концентрация O_2 на входе на одном уровне с серийным продуктом на протяжении всей работы продукта.

Зависимость (рис. 2, в) показывает, что температура на входе при работе исследуемого продукта ниже соответствующей температуры при работе серийного продукта.

Из зависимостей (рис. 2, г, д) следует, что сопротивление дыханию при работе аппарата с использованием РП с добавлением сульфата магния и диоксида кремния существенно ниже сопротивления дыханию на входе при работе серийного продукта ОКЧ-3М. Снижение данного параметра создаёт более комфортные условия для пользователя и существенно увеличивает круг лиц, способных пользоваться ИДА.

УДК 66.074.7

Е. В. Архипова^{1,2}, М. П. Ульянова¹, Н. В. Кокорева¹

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ФБГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ХЕМОСОРБЕНТОВ АММИАКА

На современном этапе развития изделий для систем жизнеобеспечения (СЖО) в качестве поглотителя вредных примесей широко используется «купрамит» гранулированной формы, имеющий значительное аэродинамическое сопротивление и ограниченные возможности использования в условиях наличия минимума энергии.

На данном этапе работ исследования направлены на выбор основы хемосорбента аммиака и вредных примесей для производства и использования в изделиях защиты органов дыхания и система жизнеобеспечения человека.

Структурные характеристики исследуемых образцов

Название образца	V микропор, см ³ /г	$S_{уд}$, см ³ /г	Средний радиус пор, нм
1. «КАУ-СОРБ» 221	0,39	719,04	1,87
2. «КАУ-СОРБ» 212	0,54	734,58	1,91
3. АГ – 3	0,52	732,11	1,88
4. ФАС	0,51	794,06	1,90
5. ОСГ (основа)	0,01	61,57	1,86
6. «Купрамит»	0,06	331,73	1,90

В качестве углеродного носителя оценивались угли КАУ – СОРБ 221, КАУ – СОРБ 212, ФАС, АГ – 3, в качестве минерального носителя – основа силикагелевого осушителя ОСГ – 2. Минеральный носитель изготавливался в условиях опытного производства с использованием крупнопористого силикагеля, средний размер гранул – 2 мм [1]. Традиционно для поглощения аммиака используются сульфат меди или хлорид лития. Эти компоненты рассматривались как импреганты угольной и силикатной основ. В таблице представлены характеристики пористой структуры исследуемых образцов.

Представленные в таблице численные значения показателей свидетельствуют о близких значениях характеристик пористой структуры угольных сорбентов и практическим отсутствием микропористой структуры у минерального сорбента ОСГ.

На основе представленных образцов методом пропитки изготовлены хемосорбенты с нанесёнными солями и проведены эксперименты по определению статической и динамической адсорбционных ёмкостей по парам аммиака и бензола. По полученным данным построены диаграммы сравнения статической адсорбционной ёмкости по парам аммиака при разных давлениях: $P/P_s = 0,1$, $P/P_s = 0,5$ (рис. 1 и 2).

Анализ полученных данных показал, что максимальной активностью по парам аммиака при $P/P_s = 0,1$ обладают хемосорбенты на основе активных углей серии КАУ – СОРБ и ОСГ – 4. При $P/P_s = 0,5$ – экстремум приходится на марки углей ФАС и КАУ – СОРБ 212, что вероятно объясняется различным характером пористой структуры.

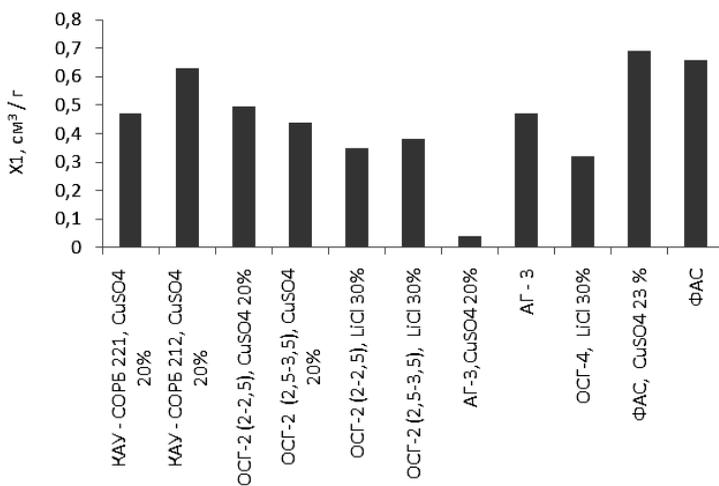


Рис. 1. Диаграмма сравнения статической адсорбционной ёмкости по парам аммиака при P/Ps = 0,1

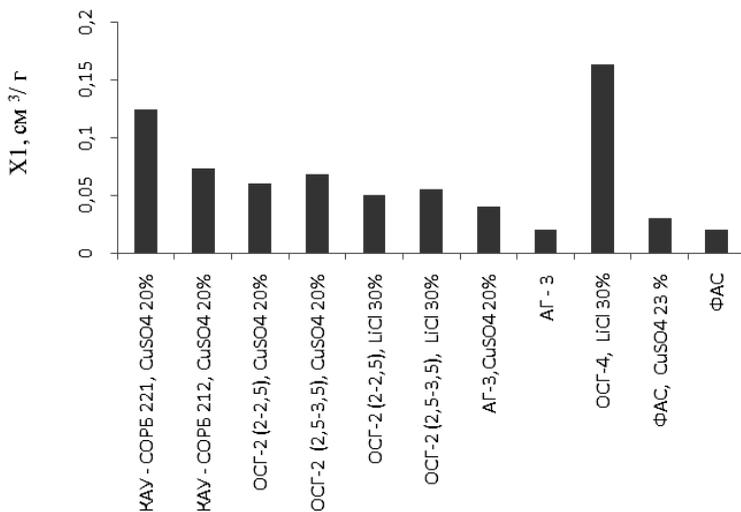


Рис. 2. Диаграмма сравнения статической адсорбционной ёмкости по парам аммиака при P/Ps = 0,5

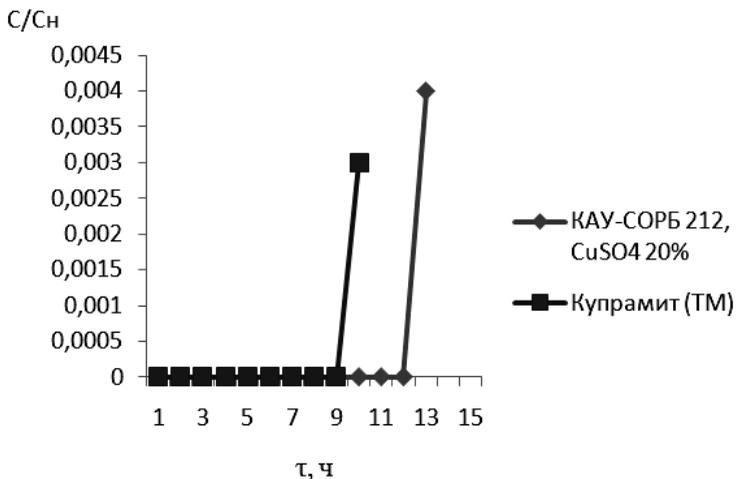


Рис. 3. Адсорбционные кривые зависимости выходной концентрации аммиака от времени

Динамическая адсорбционная ёмкость исследовалась на прямо-точной установке с использованием динамической трубки [2] при условиях:

- концентрация аммиака на входе – 500 мг/м^3 ;
- высота слоя хемосорбента – 40 мм;
- расход газовой смеси – $0,5 \text{ дм}^3/\text{мин}$.

Графики сравнения выходных адсорбционных кривых по парам аммиака представлены на рис. 3. Сравнение представлено с серийно выпускаемой маркой купрамита. Из проведённых исследований выяснено, что поглотителем аммиака с наибольшим временем защитного действия является хемосорбент, полученный на углеродной основе КАУ – СОРБ 212, пропитанный 20%-ным раствором сульфата меди.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Технические условия** ОСГ – 4 ТУ 6110 – 122 – 05807954 – 01.
2. **Козлова, Н. П.** Разработка regenerируемого патрона и неорганического сорбента для очистки воздуха в замкнутом объёме скаффандра : дис. ... канд. техн. наук / Н. П. Козлова. – Санкт-Петербург, 2006. – 140 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАДИГМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ТЕХНОЛОГИЙ

Для перехода к опережающим постиндустриальным технологиям актуальным является изменение управления жизненным циклом технологий. В настоящее время для России перспективным научным направлением опережающего развития считается интеграция разрабатываемых технологий в NBIC (N – нано; B – био; I – инфо; C – когно) технологии. [1]. При этом необходим переход к основным информационно-коммуникационным и последовавшим за ними био- и нанотехнологиям, вызвавшим развитие когнитивных технологий – способов включения человека в гибридные (человеко-машинные) системы и среды. Создание их ожидается не ранее 2018 года, а окончание – не позднее 2040 года.

Существуют альтернативные зарубежные методы смены технологий. Наиболее адекватным инструментом – является Форсайт (Foresight) исследования. Используются также Технологические платформы Евросоюза, США и России.

Рассмотрены тенденции развития различных систем управления: информационно-советующих и интерактивных систем управления, используемых в том числе и для космических объектов при работе в реальном масштабе времени.

Проанализированы *ситуационные советующие системы управления с нечёткой логикой*, исходя из динамики развития, позволяющие выработать и предвидеть возможные кризисные ситуации управления СИЗОД Fuzzy.

Существующие системы управления и программного обеспечения (ПО) выполняют только стабилизацию установившихся режимов. Выявлено, по Б. Бозма, что способность человека к передаче знаний машине безнадежно отстаёт, от способности создавать (разрабатывать и производить) эту машину [2].

Для сравнения, рассмотрены альтернативные методы разработки систем СИЗОД: Форсайт исследования, а также технологии top-technology (мета-технологии), предложенные RAND Corporation, МО США [3], с уровнем от среднего до очень высокого, Технологические Платформы России и Евросоюза [4], [5].

Сопоставление не выявило существенного отставания России в предметной области по системам и средствам СИЗОД. Отмечено отсутствие управления режимами работы как в выпускаемых СИЗОД, так и в патентах лидеров.

С учётом анализа патентов мировых лидеров СИЗОД за три года выявлено, что основные патентные инновации, по Ю. С. Мелешенко [6], направлены на улучшение существующих технологий, а не на увеличение их классов. Для СИЗОД отсутствуют патенты с NBIC технологиями у всех мировых корпораций.

В СИЗОД одноразового действия вложение средств в автоматизацию его работы и использование жёсткого регулятора (*задача самоуправления*) нерентабельна, как показано академиком В. А. Трапезниковым [7].

Разработана «Концепция многоуровневая защита СИЗОД». Её целью является разработка методов и технических средств стратегического и тактического управления СИЗОД. В концепции защиты решены противоречия: «Ресурсы – Потребности» и «Устойчивость – Потребность».

Основу решения задач анализа и синтеза сложных технологических систем (ТС) составляет системный анализ. Объектом нашего исследования на основе (1) является введённое определение ИУС СИЗОД в виде картежа

$$ТСЦЗ \geq \langle \text{ФН, РМСФ, НСС, К, РС, Э} \rangle. \quad (1)$$

где ТСЦЗ – технологическая система цифровой защиты; ФН – функциональное назначение; РМСФ – расширенное множество состояний функционирования; НСС – нечёткая ситуационная сеть; К – компоновка; РС – тенденции развития систем; Э – вектор показателей эффективности.

При комплексном изменении: ФН, РМСФ, К, НСС, и РС получен Э1 инновационный класс бортовой надсистемы в виде информационно-управляющей системы (ИУС) СИЗОД,

По классификации проф. Е. И. Артамонова, ИПУ РАН им. В. А. Трапезникова, разработанная система защиты относится к высшему классу интерактивных систем (ИС) по связям с внешними устройствами, так как в ней присутствует структура, реализованная в виде технических и программных средств, требующая согласования взаимодействия с пользователем-человеком с СИЗОД Fuzzy [8].

Представлены модели и алгоритмы СИЗОД с нечёткой логикой, использующие информационно-коммуникационные технологии.

Формализованная модель СИЗОД с нечёткой логикой описывается с помощью множеств $\{F, H, P, O, V^{BX}, V^{BYX}\}$ и булевых матриц смежности:

$$FH = \|fh_{ij}\|, FP = \|fp_{ik}\|, FV = \|fv_{il}\|, HP = \|hp_{jk}\|, HO = \|ho_{jm}\|, \\ HV = \|hv_{jl}\|, OV = \|ov_{ml}\|, \quad (2)$$

которые описывают соответствующие отношения R между компонентами предметной области. Элементы данных матриц равны единице, если между соответствующими компонентами имеется взаимосвязь, и равны нулю в противном случае. Примером рассмотренной ситуации является выбор модели режимов оптимальной подачи кислорода человеку при выборе вариантов спасения.

Нами решалась задача инновационной разработки технологии управления для одноразового использования СИЗОД в условиях неопределённости внешней среды.

1. Разработана и введена в рассмотрение методика бинарной защиты СИЗОД с выделением пассивной защиты в естественных условиях и активной защиты в искусственно созданных условиях (когнитивная технология защиты) для решения задач синтеза системы.

2. При разработке методики конвергентного управления системой СИЗОД Fuzzy (на нечётких знаниях) дополнительно использованы альтернативные технологии top-technology США, показавшие возможность перехода системы защиты через точку бифуркации.

3. Предложен и введён в рассмотрение метод активной, много-режимной защиты в искусственной ГВС для бортовой информационно-управляющей системы (БИУС) СИЗОД Fuzzy.

4. Создан макет системы защиты, на основе СПИ-20, с управлением БИУС СИЗОД Fuzzy, подтвердивший гипотезу о возможности применения ИКТ в новых разработках для новых рынков с применением top-technology RAND Corporation и увеличенным временем защиты.

5. В разработанной нами одной технологии для СИЗОД Fuzzy, по Указу Президента РФ № 899 от 7 июля 2011 г., использованы три и восемь приоритетных направлений шестого технологического уклада: 1) индустрия нано-систем; 2) информационно-коммуникационная система; 3) увеличена энергоэффективность системы защиты. Одновременно применены шесть критических технологий РФ из 27:

1) компьютерное моделирование нано-устройств; категория Б; 2) информационные технологии; 3) технологии диагностики наноматериалов и наноустройств; 4) технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам; 5) технологии информационных, управляющих, навигационных систем; 6) технологии и программное обеспечение распределённых вычислительных систем; 7) технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации её загрязнения; 8) технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В результате применения Форсайт прогнозов развития науки и техники в России и США, изменены правила проектирования и изменены границы исследования NBIC технологии для СИЗОД, т.е. изменена парадигма проектирования средств защиты.

Получены два основных патента на полезные модели СИЗОД: RU № 103735U1, МПК А62В7/08 и RU № 116776, МПК А62В 7/08, G01 (2006.01) от 12.03.2012 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Об утверждении** приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и перечня критических технологий РФ : указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899. Сайт Президента РФ : [Электронный ресурс]. – URL : <http://graph.document.kremlin.ru/page.aspx?1;156380> (дата обращения 16.12.2013).

2. **Barry, W. Boehm.** Software Engineering Economics. IEEE Transactions on software engineering. – 1984. – Vol. se-10. – No 1, January : [Электронный ресурс] / Barry W. Boehm. – URL : <http://www.cs.drexel.edu/~yfcai/CS451/papers/boehm.pdf>. (дата обращения 16.12.2013).

3. **The RAND Corporation.** The Global Technology Revolution 2020, Executive Summary. Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications : [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.rand.org/pubs/monographs/MG475.html> (дата обращения 16.12.2013).

4. **European Space Technology Platform (ESTP)** : [Электронный ресурс]. – URL : http://cordis.europa.eu/home_en.html (дата обращения 30.08.2012).

5. **Horizon 2020 Official documents** : [Электронный ресурс]. – URL : http://ec.europa.eu/research/horizon2020/index_en.cfm?pg=h2020-documents (дата обращения 30.07.2012).

6. Мелещенко, Ю. С. Техника и закономерности её развития / Ю. С. Мелещенко. – Ленинград : Лениздат, 1970. – 248 с.

7. Трапезников, В. А. Управление и научно-технический прогресс / В. А. Трапезников. – Москва : Изд-во ИПУ РАН, 1985/2005. – 223 с.

8. Артамонов, Е. И. Интерактивные системы. Синтез структур / Е. И. Артамонов. – Москва : Инсвязьиздат, 2010. – 185 с.

УДК 355.0

М. В. Кокорева¹, И. О. Савцова², Б. С. Дмитриевский³

¹ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов;

²ООО «МОРШАНСКХИММАШ», г. Моршанск Тамбовской обл.;

³ФБГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ КАК ИННОВАЦИОННО- ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Одним из важнейших средств решения задачи перехода на инновационный путь развития является интеграция инноваций и производства (*ред.*) с целью формирования единой целостной инновационно-производственной системы, которая должна обеспечивать реализацию инновационных проектов. Наиболее близки к инновационной стратегии развития высокотехнологичные наукоёмкие производства. В области химических производств к числу важнейших приоритетных направлений отнесены технологии жизнеобеспечения и защиты граждан, инфраструктуры и окружающей среды, как объективной основы для возможности государства противостоять химической угрозе во всех её проявлениях.

Для предприятий наукоёмких отраслей, имеющих в своем распоряжении обширный парк технологического оборудования, необходимо корректировать организационные и технологические процессы. В роли действенного механизма управления проектированием, активизации инновационной деятельности в научно-технической и производственной сфере нами используется инновационно-технологический аудит.

Разработанная система инновационно-технологического аудита включает следующие модули: оценка инновационно-технического уровня разработки инновации на основе данных о научных и технических характеристиках проекта, оценка технического и технико-

экономического уровня инновационной продукции на основе данных о научно-техническом уровне и стоимости инновационной продукции, определение доли рынка и потенциального объёма продаж посредством экономико-математического моделирования, определение ожидаемого экономического эффекта и рентабельности реализации проекта.

Для определения конкурентоспособности конкретной продукции необходимо объединить показатели технологического уровня всех производственных звеньев его изготовления в единой технологической сети производства всех составляющих его элементов. Они будут характеризовать в совокупности технологический уровень производства конечного продукта.

Специфика наукоёмких предприятий связана с формированием и развитием нематериальных активов, в том числе интеллектуальных, включая совершенствование методов мотивации творческого труда, создание методик определения вклада конкретных структурных подразделений и отдельных сотрудников в общий результат, оценку целесообразности инвестирования в развитие интеллектуального потенциала и др.

Интеллектуальные активы применяются в различных областях деятельности наукоёмкого предприятия, поэтому инновационно-производственная система должна охватывать не только все стадии процесса создания инноваций, но и все этапы формирования и использования различных групп интеллектуальных активов, включая научно-производственные, финансовые, маркетинговые, информационно-технологические и другие. Основной упор при построении модели инновационно-производственной системы наукоёмкого инновационного химического предприятия делается на развитие инноваций. «Знания» выступают главной креативной силой, так как всё рождается именно в головах людей.

Разработанная система инновационно-технологического аудита, использующая интеграцию инноваций и производства, обеспечивает целенаправленный мониторинг деятельности всего предприятия и в разрезе структурных подразделений, является универсальным средством проектирования инновационно-производственных систем.

РЕШЕНИЕ

Международной научно-практической конференции «Системы и технологии жизнеобеспечения, индикации, химической разведки и защиты человека от негативных факторов химической природы»

Заслушав и обсудив доклады, выступления в прениях и сообщения представителей науки, образования и промышленности из многих городов Российской Федерации по важнейшим направлениям развития современных систем жизнеобеспечения и защиты человека от негативного воздействия факторов, имеющих химическую природу,

Международная научно-практическая конференция отмечает:

Актуальность работ в области создания нового поколения систем жизнеобеспечения и защиты человека определяется постоянно усиливающимся негативным влиянием целого ряда факторов на население, производственную, социальную инфраструктуру и экологическую систему; возрастанием риска чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных химических объектах и нарастающим количеством объектов с близкими к предельным или полностью исчерпанными техническими и технологическими ресурсами; наличием накопителей токсичных производственных отходов, территорий (акваторий), подвергшихся техногенным загрязнениям в процессе хозяйственной деятельности промышленных предприятий (в том числе при уничтожении химического оружия); снижением общего уровня профессиональной подготовки технического и обслуживающего персонала; отступлением от технических и технологических норм при производстве специализированного химического оборудования; активизацией террористических проявлений в отношении опасных объектов; возрастанием вероятности экологических катастроф, связанным с широкомасштабным использованием экологически несовершенных в отношении обеспечения химической безопасности технологий в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике, на транспорте и в жилищно-коммунальном комплексе.

Несмотря на придание проблемам химической безопасности уровня национального приоритета, подписание Президентом Российской Федерации ряда основополагающих документов, определяющих комплекс первоочередных задач в области химической безопасности России, создание Правительственной комиссии по вопросам биологи-

ческой и химической безопасности, а также на реализацию специализированной федеральной целевой программы в данной области, до настоящего времени не достигнуты реальные кардинальные изменения ни в организационном, ни в технологическом, ни в кадровом обеспечении системы химической безопасности Российской Федерации.

Низкими темпами преодолевается технологическое отставание специализированного сектора экономики по разработке и производству систем жизнеобеспечения и средств комплексной защиты человека от негативных факторов химической природы, продолжает снижаться общий уровень профессиональной подготовки научного, технического и обслуживающего персонала и его старение. Не реализован в полной мере потенциал интеграции фундаментальной, вузовской и прикладной науки, образования и реального сектора экономики.

Учитывая изложенное и в целях решения отмеченных проблем в области развития современных систем жизнеобеспечения и защиты человека в чрезвычайных ситуациях техногенного и природного характера, являющихся базой обеспечения химической безопасности Российской Федерации,

Международная научно-практическая конференция рекомендует:

1. В целях повышения эффективности научно-исследовательских работ и их практической реализации, а также подготовки кадров, просить Минобрнауки России, Российскую академию наук совместно с заинтересованными ведомствами, разработчиками и производителями систем жизнеобеспечения и средств защиты человека от негативных факторов химической природы рассмотреть организационные формы взаимодействия академической, отраслевой, вузовской науки и производственных структур в этой области, а также создать постоянно обновляемый информационный портал результатов научных исследований институтов РАН и университетов по приоритетным направлениям науки и технологий, имеющих отношение к повышению конкурентоспособности отрасли, обеспечивающей химическую безопасность Российской Федерации.

2. Считать крайне необходимым в рамках реализации профильных федеральных целевых программ:

– дальнейшее развитие НИОКР по приоритетным направлениям, определённым в «Основах государственной политики в области обес-

печения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу», в целях создания инновационной продукции и технологий, включая космические технологии и технологии оборонной направленности, обеспечивающих принципиально новый уровень химической безопасности личности, территорий и инфраструктуры государства;

- проведение коренной модернизации существующих и создание новых производственных мощностей в обеспечение производства в необходимых для государства объёмах нового поколения систем жизнеобеспечения и средств защиты человека от современных и прогнозных угроз химической и иной природы;

- приоритетное создание и внедрение в производство высокоэффективных средств химической защиты для широких слоёв населения России с последующим доведением таких средств до непосредственного потребителя через совершенствование соответствующей нормативной базы;

- рассматривать в качестве важнейшего направления в решении проблем химической безопасности создание высокотехнологичных и наукоёмких средств химической защиты и разведки для граждан различных профессионально-возрастных и социальных групп, в том числе технически и физиологически адаптированных к особенностям их представителей (пол, возраст, состояние здоровья, уровень образованности и другим). Достиженные в этом направлении теоретические и практические результаты, представленные на Конференции, в очередной раз подчеркнули большие потенциальные возможности фундаментальной и прикладной науки в создании национальной системы химической безопасности как действенного механизма охраны и сохранения здоровья и жизни российских граждан.

3. Считать целесообразным в рамках формируемой ФЦП «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2015 – 2020 годы)» и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» предусмотреть:

- развитие инновационной инфраструктуры, способствующей интеграции фундаментальной, прикладной науки, образования и реального сектора экономики, реализующей технологический коридор от разработки идеи, производства нового поколения систем жизнеобеспе-

чения и средств защиты человека до их реализации, включая обучение населения;

- создание современных профессиональных программ в области химической безопасности и механизмов перехода высшей школы на их внедрение для совершенствования её взаимодействия с прикладной наукой и реальным сектором экономики;

- разработку научных и образовательных программ опережающей подготовки и переподготовки научных и инженерных кадров в интересах обеспечения химической безопасности Российской Федерации;

- создание консорциумов «наука–промышленность–вузы» в целях разработки прорывных технологий и принципиально новых специальных продуктов, защитных и конструкционных материалов в обеспечение опережающего развития российской защитной техники на их основе;

- создание многопрофильных инжиниринговых центров по ключевым тематическим направлениям в области химической безопасности государства с целью инновационного развития прикладной науки и промышленных предприятий;

- создание сетевой модели взаимодействия науки и производства на примере взаимодействия ОАО «Корпорация «Росхимзащита» с базовыми вузами страны.

4. Считать целесообразным проведение один раз в два года Российской научно-практической конференции, в том числе с международным участием, в проблемной области развития техники и технологий жизнеобеспечения и защиты человека в чрезвычайных ситуациях техногенного и природного характера, а также школы-семинара для молодых учёных и молодых преподавателей вузов и организацию выставки систем жизнеобеспечения и средств защиты человека и инновационных проектов в этой области.

Председатель оргкомитета конференции,
Вице-президент РАН, академик

А. И. Григорьев