

**Н. Ф. Гладышев, Т. В. Гладышева,
С. И. Дворецкий**

**Системы и средства
регенерации и очистки
воздуха обитаемых
герметичных объектов**

**Москва
Издательский дом «Спектр»
2016**

**Н. Ф. Гладышев, Т. В. Гладышева,
С. И. Дворецкий**

Системы и средства регенерации и очистки воздуха обитаемых герметичных объектов



Москва, 2016

УДК 66.071.6.081:661.183.1
ББК Л113.23-1
DOI 10.14489/4442-0119-0
Г523

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор,
заместитель директора ФГБУН «Институт химической физики
им. Н. Н. Семенова РАН» по научной работе

А. В. Роцин

Доктор химических наук, профессор,
профессор кафедры пожарной безопасности технологических
процессов и производств СПб университета ГПС МЧС России

Г. К. Ивахнюк

Н. Ф. Гладышев, Т. В. Гладышева, С. И. Дворецкий

Г523

Системы и средства регенерации и очистки воздуха обитаемых герметичных объектов. – М.: Издательский дом «Спектр», 2016. – 204 с. – 400 экз.

ISBN 978-5-4442-0119-0

В книге обобщены материалы по адсорбционной очистке и регенерации воздуха в герметичных обитаемых объектах различного назначения. Дана оценка современного состояния и перспектив развития систем поддержания газового состава атмосферы.

Подробно описаны системы регенерации воздуха с использованием надпероксида калия. Значительное внимание в книге уделено описанию устройств на основе технологий с циклически изменяющейся температурой и давлением, а также с разновидностями этих процессов. Рассмотрены различные конструкции устройств для регенерации воздуха в герметичных обитаемых объектах. Книга содержит большой фактический материал по конкретным системам регенерации и очистки воздуха.

Книга предназначена для научных работников, инженеров, аспирантов, магистрантов и студентов, специализирующихся в области разработки, проектирования и эксплуатации изделий сорбционной техники.

УДК 66.071.6.081:661.183.1
ББК Л113.23-1
DOI 10.14489/4442-0119-0

ISBN 978-5-4442-0119-0

© Гладышев Н. Ф., Гладышева Т. В.,
Дворецкий С. И., 2016

ВВЕДЕНИЕ

Освоение глубин мирового океана и космического пространства связано с ростом длительности нахождения человека в герметичном объеме, будь то подводные лодки или космические станции. С начала XX века время непрерывного пребывания лодок в подводном положении увеличилось с нескольких часов до полугода, а в пилотируемой космонавтике от 1 ч 48 мин (время полета Ю. А. Гагарина) до 15 лет (суммарное время пребывания станции «Мир») в режиме непрерывной герметизации.

С течением времени любые вредные вещества, образующиеся в замкнутом пространстве, будут обладать кумулятивным действием, что приведет к скоплению опасной для здоровья человека концентрации токсичных веществ в окружающей атмосфере. Наглядно можно проиллюстрировать на примере курения в замкнутом пространстве. При выкуривании одной сигареты образуется около $3,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ оксида углерода CO. Если экипаж герметичного объекта состоит из 100 человек, выкуривающих в среднем по 5 сигарет в день, то в течение дня в результате курения образуется $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ оксида углерода. Если бы в течение месяца такое количество CO поглощалось экипажем, мало вероятно, чтобы кто-либо из них остался в живых, причем это касается как курящих, так и некурящих. Точно такая же опасность может быть связана с загрязнением атмосферы гермообъекта любым другим потенциально токсичным веществом.

Управление качеством воздуха для обеспечения безопасной среды обитания экипажа в условиях полной изоляции от земной атмосферы является одной из самых существенных проблем в функционировании систем жизнеобеспечения (СЖО) в космических кораблях и на подводных лодках.

Реализация перспективных космических орбитальных полетов на околоземной орбите, а также планирование и осуществление межпланетных полетов предполагают создание максимально замкнутой системы жизнеобеспечения нового поколения, что связано с постоянным совершенствованием систем жизнеобеспечения экипажа, интенсификацией физико-химических процессов регенерации.

Опыт эксплуатации систем жизнеобеспечения российских орбитальных космических станций (ОКС) «Салют», «Мир» и международной космической станции (МКС), основанных на регенерации воды и атмосферы с частичным использованием воды и кислорода

из доставляемых запасов, позволил получить данные по балансу воды и кислорода на космической станции и параметрам работы систем регенерации.

На орбитальной космической станции «Мир» впервые в мировой практике был реализован практически полный (за исключением системы концентрирования и утилизации CO_2) комплекс физико-химических систем регенерации воды из атмосферы, который в значительной мере обеспечил длительное и эффективное функционирование станции в пилотируемом режиме [1, 2].

В монографии дана оценка современного состояния и перспектив развития систем поддержания газового состава атмосферы герметичных обитаемых объектов различного назначения.

В книге рассматриваются известные на сегодня способы и устройства регенерации и очистки воздуха в герметичных обитаемых объектах гражданского и военного назначения.

Прослежено изменение конструкции устройств, предназначенных для очистки и регенерации газового состава среды обитания герметичных обитаемых объектов, с созданием новых форм, составов химических компонентов и адсорбционных методов защиты атмосферы.

Авторы благодарят специалистов ОАО «Корпорация «Росхимзащита» И. И. Луговскую, Э. И. Симаненкова за помощь, оказанную в поиске научно-технической и патентной информации.

Монография подготовлена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного заказа № 2014/219, проект № 995 «Исследование и математическое моделирование процесса регенерации воздуха в герметичном объеме наноструктурированными хемосорбентами при естественной конвекции газодыхательной смеси».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕРМЕТИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ	5
2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕРЫ ГЕРМООБЪЕКТОВ ..	7
3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА	12
3.1. Системы на надпероксидах металлов	12
3.2. Системы с отдельной регенерацией воздуха	37
3.2.1. Получение кислорода	38
3.2.1.1. Получение кислорода электролизом воды	39
3.2.1.2. Получение кислорода «сжиганием» кислородной свечи	48
3.2.2. Удаление диоксида углерода	74
3.2.2.1. Нерегенерируемые поглотители CO ₂	74
3.2.2.2. Устройства с регенерируемыми поглотителями CO ₂	90
3.2.2.3. Удаление диоксида углерода с помощью селективных мембран	97
4. ТЕХНОЛОГИИ КОРОТКОЦИКЛОВОЙ АДсорбЦИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВ	105
4.1. TSA-технология и ее разновидности	106
4.2. PSA-технология и ее разновидности	112
4.3. Применение технологии короткоциклового адсорбции для систем очистки и регенерации воздуха в герметичных объектах	118

4.3.1. ОВОГС для снабжения летчиков кислородом и защиты от ОМП	125
4.3.2. Системы для подвижной техники	137
4.3.3. Системы, используемые в стационарных герметичных объектах	142
5. КОНКРЕТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОЗДУХА.....	144
5.1. Системы на регенеративном продукте KO_2	144
5.2. Регенерация воздуха на атомных подводных лодках	158
5.3. Регенерация воздуха на космических обитаемых объектах	166
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	174
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	176

Научное издание

ГЛАДЫШЕВ Николай Федорович
ГЛАДЫШЕВА Тамара Викторовна
ДВОРЕЦКИЙ Станислав Иванович

СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА РЕГЕНЕРАЦИИ И ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОБИТАЕМЫХ ГЕРМЕТИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

Редактор Т. М. Глинкина
Инженер по компьютерному макетированию И. В. Евсева

Сдано в набор 27.04.2016.
Подписано в печать 23.08.2016. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 11,86. Уч.-изд. л. 10,5. Тираж 400 экз. Заказ № 344

ISBN 978-5-4442-0119-0



ООО «Издательский дом «Спектр»,
119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1
[Http://www.idspekt.r.u](http://www.idspekt.r.u). E-mail: idspekt@rambler.ru

Подготовлено к печати и отпечатано в Издательско-
полиграфическом центре ФГБОУ ВО «ГГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14

По вопросам приобретения книги обращаться
по телефону 8(4752)63-81-08