

УДК 629.7.048

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ВОДЫ В ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЕ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Н.А. САЛЬНИКОВ, Н.Е. НИКОЛАЙКИНА

Рассматриваются и сравниваются апробированные технологические схемы и технические средства для очистки воды, образующейся при осуществлении санитарно-гигиенических процедур на борту эксплуатируемых космических станций. Приводятся данные различных источников по химическому составу загрязнений воды после различных видов работ, выполняемых экипажем перед санитарными процедурами. Обосновывается выбор моющего антибактериального средства, технологической схемы чистки. Приведена схема экспериментальной установки для очистки санитарно-гигиенической воды методом обратного осмоса и результаты проведенных экспериментов.

Показано, что принципиально возможно осуществить регенерацию санитарно-гигиенической воды при помощи обратноосмотических модулей, выпускаемых промышленностью. Селективность обратноосмотических модулей различного производства к выбранному моющему средству превышает 99 %, а при перепаде давления на мембране 0,8–10 МПа достигается коэффициент извлечения чистой воды 98 %. Предложены экспресс-методы для предварительной оценки химического потребления кислорода и концентрации моющего средства в загрязненной воде, метод оценки качества очистки воды по удельной электропроводности.

Ключевые слова: система жизнеобеспечения летательных объектов, регенерация, санитарно-гигиеническая вода, моющее средство, обратный осмос, химическое потребление кислорода.

Проведение качественных санитарно-гигиенических процедур при нахождении в условиях замкнутого объема космического летательного аппарата (КЛА) является одной из ключевых задач обеспечения комфортных и безопасных условий функционирования экипажа.

На орбитальной космической станции «Мир» (ОКС «Мир») был впервые реализован практически полный комплекс регенерационных систем водообеспечения (СВО). На борту станции функционировали система регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К, система приема и консервации урины СПК-У, система регенерации воды из урины СРВ-У. Кратковременно испытывалась система регенерации санитарно-гигиенической воды СРВ-СГ. Комплекс систем жизнеобеспечения (СЖО) позволил обеспечить 60 % потребностей станции в воде [1, 2].

В настоящее время на российском сегменте Международной космической станции (РС МКС) функционирует усовершенствованная система регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К2М, система приема и консервации урины СПК-УМ и ряд систем регенерации атмосферы.

В соответствии с действующими стандартами [3] для герметичного отсека космического летательного аппарата на осуществление санитарно-гигиенических процедур требуется от 0,2 до 7 литров воды на космонавта в сутки. Из анализа данных, полученных при длительной эксплуатации ОКС «Мир» и РС МКС, было получено среднее значение потребления воды на личную гигиену, которое составило 0,2 л/чел·сутки (с испарением 50 % (0,1 л/чел·сутки) в атмосферу станции) [2, 4]. Такое низкое водопотребление для санитарно-гигиенических процедур связано с тем, что на ОКС «Мир», и на сегодняшний день на борту МКС, не проводятся полноценные санитарно-гигиенические процедуры. Это связано с отсутствием санитарно-гигиенического оборудования и метода осуществления полноценного мытья рук, лица, головы и тела в условиях микрогравитации.

В условиях длительных экспедиций за пределы орбиты Земли вероятность любых поставок на борт КЛА (в т. ч. сменных полотенец) очень мала.

На базе научно-исследовательского и конструкторского института химического машиностроения АО «НИИхиммаш» ведутся работы по созданию системы регенерации санитарно-гигиенической воды СРВ-СГ-М для перспективных космических станций.

Загрязненная санитарно-гигиеническая вода (СГВ) образуется после осуществления водных процедур, стирки и т. п. Состав такой воды зависит от используемых моющих средств и вида загрязнений. Ее спецификой является следующее [5]: ПАВ – низкомолекулярные соединения, $M \sim 300$; отмываемые загрязнения, как правило, высокомолекулярные и коллоидные частицы – белки, полисахариды, микроорганизмы, жиры и т. д.

В таблице 1 приведен усредненный состав загрязненной санитарно-гигиенической воды по оценкам различных источников.

Таблица 1

Усредненный состав загрязненной санитарно-гигиенической воды

Загрязняющее вещество / показатель загрязненности	Количество загрязняющего в-ва в СГВ / значение показателя			
	По [8]	По [6, 7]	По [9]	По [10]
Цвет	-	мутный, серый	мутный	грязно-мутный
Цветность по разбавлению	-	-	1:9	1:10
Запах, баллы	-	0 - 1	3	2
pH	-	8 - 10	7,5-8,5	8,5-9
Прозрачность, см	-	6,5 – 8,0	5,5	3,5
Мутность, мг/л	-	-	170	270
Взвешенные вещества, мг/л	-	150 – 300	510	710
Органические вещества в сумме по бихроматной окисляемости, мгО ₂ /л	до 5000	1200 - 2200	-	-
Аммиак, мг/л	60	-	-	-
Аммоний, мг/л	-	-	-	1
Мочевина, мг/л	3	-	-	-
Хлориды, мг/л	300	2,5 – 5,0	50	20
Фосфаты, мг/л	-	10 – 20	5,5	2
Сульфаты, мг/л	-	15 – 40	350	350
Хлор, мг/л	-	Следы	-	-
Моющее средство (ПАВ), мг/л	до 1000	55 - 140	18	23
АПАВ, мг/л	-	-	15	20
НПАВ, мг/л	-	-	3	3
Бактерии, количество микробных тел в литре	$10^6 - 10^8$	-	-	-

Из таблицы 1 видно, что данные по загрязненности довольно сильно отличаются. Состав загрязненной воды напрямую зависит от операций, выполняемых экипажем. Поэтому состав загрязнений в СГВ будет варьироваться. По нашим оценкам, с учетом требований к экономии воды на борту, основным загрязняющим веществом будет моющее средство. Его концентрация в исходной СГВ составит 3–5 г/л. Так как ПАВ – это низкомолекулярные соединения, то основной задачей является очистка СГВ именно от этих веществ.

Условия невесомости накладывают определенные ограничения на применяемое оборудование. Так, необходимо обеспечить транспортировку использованной воды из отсека водных процедур потоком воздуха. При этом в условиях микрогравитации отсутствует гравитационный механизм разделения фаз «газ – жидкость». В работе [15] показано, что для сепарации загрязненной СГВ из транспортирующего ее воздуха целесообразно использовать центробежную аппаратуру. В частности, центробежный сепаратор со встроенным черпаковым насосом, который эксплуатируется в настоящее время в составе системы СПК-УМ на МКС, может быть исполь-

зован для отделения пенящейся жидкости от воздушного потока в составе разрабатываемой системы СРВ-СГ-М.

Для станции «Мир» была разработана и кратковременно испытывалась система регенерации санитарно-гигиенической воды СРВ-СГ, основанная на фильтровании загрязненной воды с последующей сорбционной очисткой [1, 11]. Принципиальная схема системы представлена на рис. 1. Загрязненная вода из душа или умывальника транспортировалась в систему потоком воздуха. Жидкость отделялась от воздуха в центробежных сепараторах и закачивалась в емкость. Очистка осуществлялась методом фильтрования с последующей сорбционной доочисткой ионообменными смолами и активным углем. Качество очищенной воды контролировалось по электропроводности, после чего вода консервировалась ионным серебром и поступала на хранение в емкость. По мере необходимости вода раздавалась в горячем и холодном виде [2].

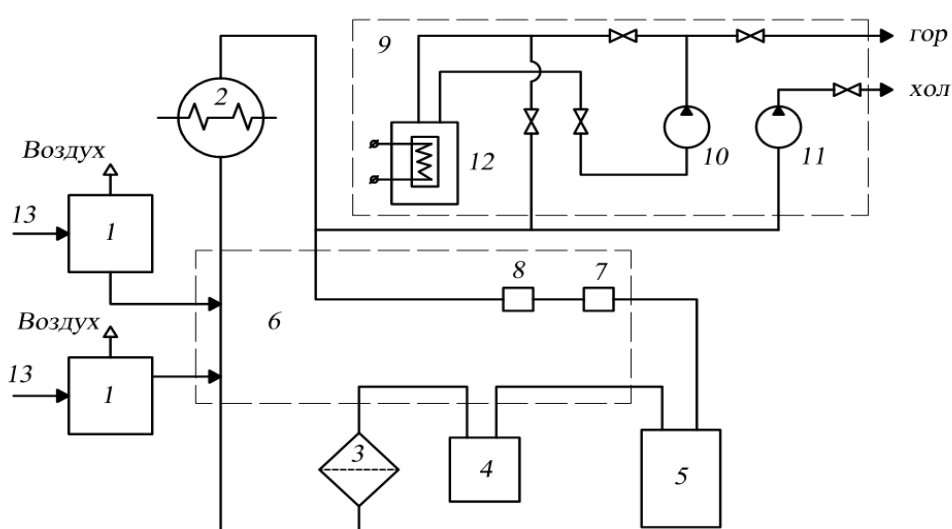


Рис. 1. Схема системы СРВ-СГ [2], проходившей испытания на станции «Мир»:

- 1 – сепаратор; 2 – блок хранения исходной и очищенной воды; 3 – фильтр;
 4 – блок подачи; 5 – блок колонок очистки; 6 – блок распределения и контроля; 7 – датчик качества воды;
 8 – блок введения серебра; 9 – блок раздачи воды; 10 и 11 – насосы;
 12 – емкость с подогревом; 13 – газожидкостной поток из душа; 14 – газожидкостной поток из умывальника

Система успешно прошла летные испытания на станции «Мир», но, в связи с недостатками душевой кабины и метода помывки в условиях невесомости, эксплуатировалась кратковременно и после перехода экипажа на санитарно-гигиенические процедуры без использования душа и умывальника в дальнейшем не использовалась [2].

Такая система может работать только с диссоциирующим на ионы моющим средством. В системе СРВ-СГ в качестве моющего средства использовался катамин с окисью амина. Экипаж станции «Мир» испытывал дискомфорт при пользовании данным моющим средством, так как катамин обладает местно-раздражающим действием на кожу и слизистые оболочки глаз. Было выдвинуто предложение перехода на широко используемые бытовые моющие средства. Установлено, что система СРВ-СГ не обеспечивает очистку воды до требуемых значений при использовании таких моющих средств. Была поставлена задача разработки технологии очистки воды при использовании мыла, шампуней и других моющих средств из бытовой практики.

Санитарно-гигиеническая вода образует значительный поток, содержащий специфические загрязнения (ПАВ и другие компоненты моющего средства), который необходимо возвращать в цикл (регенерировать). В связи с этим нецелесообразно проводить очистку СГВ до тре-

бований к питьевой воде. Гораздо рациональнее организовать отдельный замкнутый контур, предусматривающий прием, очистку, хранение и выдачу чистой воды.

Предложено использовать мембранную технологию в системах регенерации воды на космической станции [12]. Институтом АО «НИИХиммаш» был проведен анализ мембранных технологий и найден подходящий метод для проведения процесса очистки. Проведенные исследования показали, что для обеспечения должного качества очищенной воды и продолжительного ресурса работы системы очистку загрязненной воды целесообразно проводить методом обратного осмоса.

В литературе [13, 14] приводится стандартная схема проточной очистки воды методом обратного осмоса. Такая схема тангенциальной фильтрации при обратноосмотической очистке заключается в накоплении исходной воды в буферном (промежуточном) сосуде и ее прокачке вдоль поверхности мембраны, при которой осуществляется разделение потоков на фильтрат (пермеат) и концентрат (ретентат). При этом фильтрат раздается потребителям или идет на технологический процесс, а его излишки возвращаются в промежуточную емкость. Концентрат отводится в канализацию. Также предусмотрен возврат концентрата в промежуточную емкость.

Данная схема очистки подходит для наземной эксплуатации при доочистке и получении сверхчистой воды при отсутствии ее дефицита и не обеспечивает высокой степени извлечения воды. Степень извлечения воды составляет 20–30 %, и в редких случаях достигает 45 %.

В условиях космического полета необходимым условием является достижение максимального коэффициента извлечения воды и минимальное ее добавление из запасов. На базе АО «НИИХиммаш» с нашим участием был проведен ряд экспериментов по очистке имитатора санитарно-гигиенической воды с целью определения предельных возможностей низконапорного обратного осмоса по очистке воды, основным загрязнителем которой являются компоненты моющего средства.

Для исследования были выбраны обратноосмотические модули (ОМ) в рулонной компоновке зарубежного (Vontron ULP 21-2521) и российского (НаноРО КСН 21-2521) производства. Рулонный обратноосмотический модуль представляет собой дренажную трубу, на которую навиты мембранные элементы с композитной мембраной, селективный слой которой состоит из полиамида, а подложка – из полисульфона.

Отдельной задачей является выбор моющего средства. В составе санитарно-гигиенической воды, образующейся после водных процедур, содержится большое количество бактериальной микрофлоры (табл. 1). При использовании полимерных полупроницаемых мембран для очистки санитарно-гигиенической воды появляется высокая вероятность зарастания пор мембраны биопленкой, что влечет за собой резкую потерю производительности по фильтрату.

Был проведен анализ состава ряда общепринятых моющих средств, и выдвинуто предложение использовать антибактериальные моющие средства. При этом многие антибактериальные моющие средства содержат в своем составе катионные поверхностно-активные вещества, которые разрушают селективный слой композитной мембраны из полиамида. Поэтому для проведения экспериментов (схема рис. 2) было выбрано моющее средство «Адажио Алоэ Вера антибактериальное», содержащее в своем составе триклозан.

Качество очищенной воды оценивалось по показателю бихроматной окисляемости (ХПК(б)). Для оценки концентрации моющего средства в воде составлялся тарировочный график «ХПК(б) – концентрация». Параллельно с измерением показателя ХПК(б) производили измерение удельной электропроводности (УЭП). Так как проведение анализа ХПК(б) – довольно сложная и длительная процедура, был найден экспресс-метод оценки показателя ХПК(б). Предложены косвенные способы оценки бихроматной окисляемости имитатора СГВ, содержащего моющее средство «Адажио Алоэ Вера антибактериальное», и обратноосмотического фильтрата по удельной электропроводности.

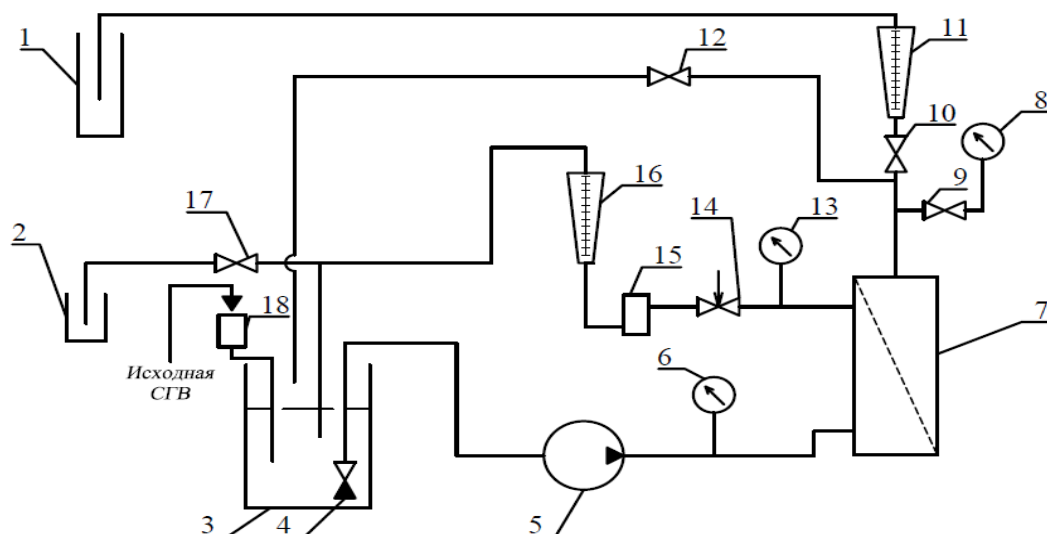


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для проведения очистки имитатора СГВ:

1 – емкость фильтра ($V = 0,5$ л); 2 – емкость отбора анализов; 3 – емкость с исходным раствором; 4 – обратный клапан; 5 – насос высокого давления; 6, 13 – манометры; 7 – обратноосмотический модуль (ОМ); 8 – мановакуумметр; 9, 10, 12, 17 – запорные вентили; 11, 16 – ротаметры; 14 – вентиль регулировочный; 15 – воздухоуловитель; 18 – воронка для подпитки емкости (3)

Для оценки показателя ХПК(б) имитатора загрязненной СГВ была составлена тарировка «ХПК(б) – УЭП – концентрация» (рис. 3). Данная тарировка позволяет за короткое время оценить по электропроводности раствора как концентрацию моющего средства в воде, так и ХПК(б) раствора. Средняя погрешность способа по определению концентрации и ХПК(б) не превышает 10 %.

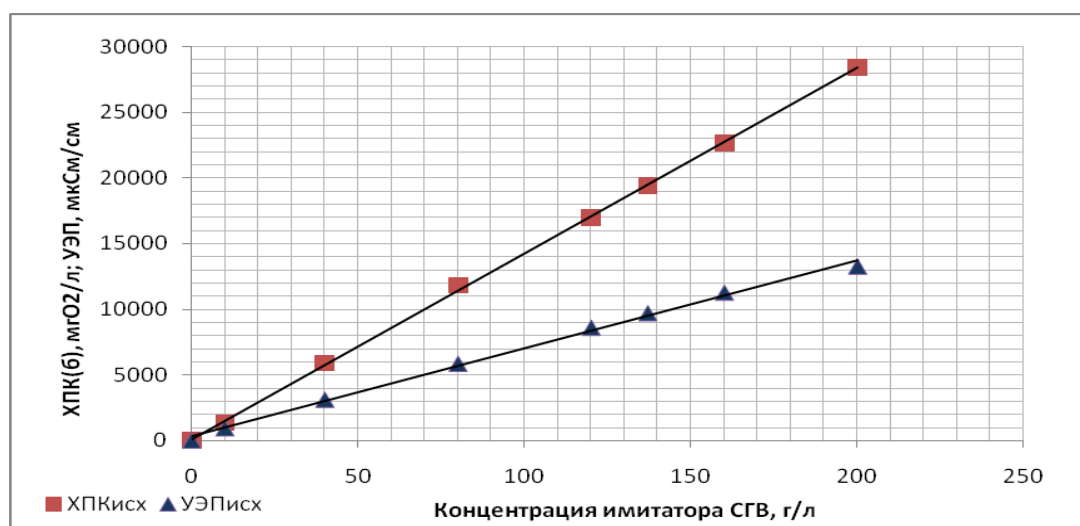


Рис. 3. Тарировка «ХПК(б) – УЭП – концентрация» имитатора СГВ, содержащего моющее средство «Адажио Алоэ Вера антибактериальное»

Для оценки качества фильтрата, полученного при очистке имитатора СГВ, загрязненной моющим средством «Адажио Алоэ Вера антибактериальное», была составлена тарировка «УЭП–ХПК(б)», из которой были найдены зависимости ХПК(б) фильтрата от УЭП фильтрата в заданном диапазоне измерений. Например, для обратноосмотического модуля зарубежного производства Vontron ULP 21-2521 было получено следующее уравнение:

$$\text{ХПК} = 0,394 \cdot \Delta P \cdot \text{УЭП}^{-0,22 \cdot \ln \Delta P + 1,048}$$

При перепаде давления на обратноосмотическом модуле, равном $6 \cdot 10^5$ Па, погрешность определения ХПК по данному уравнению не превышает 5 %.

Исследования показали, что принципиально возможно достичь коэффициент извлечения чистой воды, равный 98 %. Коэффициент извлечения воды при постепенном концентрировании моющего средства в контуре от 5 г/л до 280 г/л рассчитывался следующим образом:

$$K_{\text{извл.}} = \frac{G_{\text{О.В.}}}{G_{\text{З.В.}}} = 1 - \frac{C_{\text{нач}}}{C_{\text{кон}}} = 1 - \frac{5}{280} = 0,982,$$

где $G_{\text{О.В.}}$ – количество очищенной воды;
 $G_{\text{З.В.}}$ – количество поступившей загрязненной воды;
 $C_{\text{нач}}$ – начальная концентрация загрязнителей;
 $C_{\text{кон}}$ – конечная концентрация загрязнителей.

За время эксперимента с концентрированием на российских модулях НаноРО КСН 21-2521 очищено 210 литров имитатора санитарно-гигиенической воды. При этом селективность полиамидных обратноосмотических мембран к моющему средству оставалась постоянной и превысила 99 % (рис. 4). То же самое наблюдалось и при очистке на ОМ зарубежного производства.

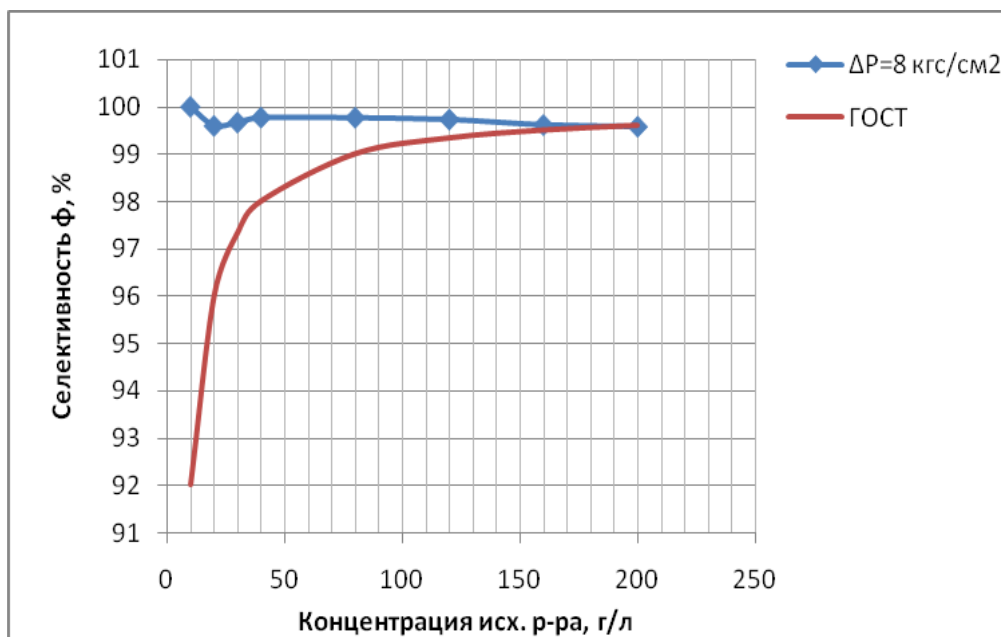


Рис. 4. Зависимость селективности мембраны обратноосмотического модуля НаноРО КСН 21-2521 российского производства от концентрации моющего средства в исходной СГВ при перепаде давления на мембране $\Delta P = 8 \cdot 10^5$ Па

Проведенные с нашим участием предварительные эксперименты на базе АО «НИИхиммаш» показали, что обратноосмотические модули российского и зарубежного производства обеспечивают очистку имитатора загрязненной санитарно-гигиенической воды до требований нормативов и принципиально могут быть использованы в разрабатываемой системе регенерации санитарно-гигиенической воды СРВ-СГ-М. Рекомендуемый перепад давления на обратноосмотическом модуле составляет 0,8–1,0 МПа.

В табл. 2 представлена сравнительная характеристика предполагаемых параметров разрабатываемой системы СРВ-СГ-М и параметров системы СРВ-СГ [4], проходившей испытания на станции «Мир».

Таблица 2

Сравнительная характеристика предполагаемых параметров системы СРВ-СГ-М и параметров испытанной на станции «Мир» системы СРВ-СГ

Характеристики	Система СРВ-СГ (ОКС «Мир»)	Разрабатываемая система СРВ-СГ-М
Производительность по воде, кг/ч	0,9	5 - 60
Коэффициент извлечения целевого продукта, %	98	98,0 - 98,5
Первоначально установленная масса, кг	230	80
Удельные затраты массы (с учетом заменяемого оборудования) для получения 1 кг целевого продукта, кг/кг	0,08	0,05
Среднесуточная потребляемая мощность при экипаже 3 человека, Вт	7	3,7 - 45
Удельные затраты энергии на получение 1 кг целевого продукта, Вт·ч/кг	8	5 - 60

Как видно из таблицы 2, разрабатываемая система будет иметь меньшую первоначальную установочную массу, удельные затраты массы и будет обладать значительными преимуществами по производительности.

Можно сделать следующие выводы:

- в настоящее время отсутствуют апробированные системы регенерации санитарно-гигиенической воды, способные функционировать в условиях микрогравитации и осуществлять очистку воды, загрязненной моющим средством общего применения;
- показано, что принципиально возможно осуществить очистку санитарно-гигиенической воды при помощи обратноосмотических модулей, выпускаемых промышленностью;
- селективность обратноосмотических модулей российского и зарубежного производства к моющему средству превышает 99 %, при перепаде давления на мембране 0,8–10 МПа достигается коэффициент извлечения чистой воды 98 %;
- предложены экспресс-методы предварительной оценки показателя ХПК(б) и концентрации моющего средства «Адажио Алоэ Вера антибактериальное» в исходной воде и метод оценки качества фильтрата по удельной электропроводности в заданном диапазоне измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регенерационные системы жизнеобеспечения экипажей космических станций / Н.М. Самсонов, Л.С. Бобе, Л.И. Гаврилов, А.А. Кочетков, Э.А. Курмазенко, С.Ю. Романов, А.Г. Железняков, В.М. Баранов, Ю.Е. Сияк // Известия РАН. Энергетика. 2009. № 1. С. 61–68.
2. Перспективы развития систем регенерации воды обитаемых космических станций / Л.С. Бобе, Н.М. Самсонов, В.М. Новиков, А.А. Кочетков, В.А. Солоухин, А.А. Телегин, П.А. Андрейчук, Н.Н. Протасов, Ю.Е. Сияк // Известия РАН. Энергетика. 2009. № 1. С. 69–78.
3. ГОСТ Р 50804-95. Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом корабле. Общие медико-технические требования. М.: Изд-во стандартов, 1995.
4. Перспективы развития регенерационного водообеспечения пилотируемых космических станций / Л.С. Бобе, А.А. Кочетков, С.Ю. Романов, П.О. Андрейчук, А.Г. Железняков, Ю.Е. Сияк // Пилотируемые полеты в космос. 2014. № 2 (11). С. 51–60.
5. Свитцов А.А. Введение в мембранные технологии. М.: ДеЛи принт, 2008.

6. Стариков С.Е. Регенерация санитарно-гигиенической воды на основе баромембранных методов для условий длительных космических экспедиций.: дис. ... канд. тех. наук. М., 2009.

7. Миташова Н.И. Экологические аспекты технологии «влажной» чистки // Современная химчистка и прачечная. 2002. № 3. С. 34–37.

8. Бобе Л.С. Технологические процессы систем регенерации воды. М.: Издательство МАИ, 1991.

9. Миташова Н.И. Определение показателей качества сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества // Известия МГТУ «МАМИ». 2014. № 1 (19), т. 3. С. 68–76.

10. Миташова Н.И. Очистка сточных вод, содержащих ПАВ, и их повторное использование // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. № 3 (17), т. 2. С. 48–51.

11. Samsonov N.M., Abramov L.Ch, Protasov N.N. et al. Hygiene water recovery aboard the space station // Proc. 4th European Symp. on Space Environmental Control Systems. October 1991. Florence, Italy. ESA SP-324. Vol. 2. P. 649–651.

12. Обоснование разработки системы регенерации санитарно-гигиенической воды для космической станции: материалы 13-й Международной конференции «Авиация и космонавтика – 2014», Москва, 17–21 ноя. 2014 г. / Н.А. Сальников, Л.С. Бобе. М.: МАИ, 2014. – 710 с.

13. Пат. 2536993 Российская Федерация, мпк⁷ С 02 F 1/44, В 01 D 61/12, В 01 D 65/08. Устройство для выработки сверхчистой воды. Бюл. № 36; опубл. 27.12.2014.

14. Patent 2007202471 Australia, IPC⁷ А 61 L 2/18, А 61 L 2/24. Device for disinfecting a reverse osmosis system. Publication date 20.12.2007.

15. Исследование насоса-сепаратора газожидкостной смеси для санитарно-гигиенического отсека космической станции / Н.А. Сальников, Н.Е. Николайкина, Л.С. Бобе, Н.В. Рыхлов // Известия МГТУ «МАМИ». 2014. № 2 (20), т. 3. С. 9–15.

SANITARY AND HYGIENIC WATER PURIFICATION RESEARCH FOR THE WATER SUPPLY CLOSED SYSTEM OF THE FLYING APPARATS

Salnikov N.A., Nikolaykina N.E.

The approved technological schemes and technical means for the water purification, which is formed at implementation of sanitary and hygienic procedures onboard the operated space stations are considered and compared. Data of various sources on a chemical composition of water pollution after different types of the works performed by crew before sanitary procedures are provided. The choice of the washing antibacterial means, the technological scheme of cleaning locates. The scheme of experimental installation for purification of sanitary and hygienic water with method of the return osmosis and the made experiments results is provided.

It is shown, that it is essentially possible to carry out regeneration of sanitary and hygienic water with the help of the reverse-osmosis modules released by the industry. Selectivity of the reverse-osmosis modules of various production to the chosen detergent exceeds 99%, and at pressure difference on a membrane of 0,8–10 MPa the pure extraction coefficient of 98% is reached. Express methods for a preliminary estimate of oxygen chemical consumption and detergent concentration in the polluted water, a method of an assessment of water purification quality on specific conductivity are offered.

Key words: flying objects life support system, regeneration, sanitary and hygienic water, detergent, return osmosis, oxygen chemical consumption.

REFERENCES

1. Samsonov N.M., Bobe L.S., Gavrilov L.I., Kochetkov A.A., Kurmazenko E.A., Romanov S.Yu., Zheleznyakov A.G., Baranov V.M., Sinyak Yu.E. Regeneratsionnye sistemy zhizneobespecheniya ekipazhei kosmicheskikh stantsii. Izvestiya RAN. Energetika. 2009. № 1. P. 61–68.

2. Bobe L.S., Samsonov N.M., Novikov V.M., Kochetkov A.A., Soloukhin V.A., Telegin A.A., Andreichuk P.A., Protasov N.N., Sinyak Yu.E. Perspektivy razvitiya sistem rege-

neratsii vody obitaemykh kosmicheskikh stantsii. Izvestiya RAN. Energetika 2009. № 1. P. 69–78.

3. GOST R 50804-95. Sreda obitaniya kosmonavta v pilotiruемом kosmicheskom korable. Obshchie mediko-tehnicheskie trebovaniya. Vved. 1995-08-08. M.: Izd-vo standartov, 1995.

4. Bobe L.S., Kochetkov A.A., Romanov S.Yu., Andreichuk P.O., Zheleznyakov A.G., Sinyak Yu.E. Perspektivy razvitiya regeneratsionnogo vodoobespecheniya pilotiruemykh kosmicheskikh stantsii. Pilotiruemye polety v kosmos. 2014. № 2 (11). P. 51–60.

5. Svittsov A.A. Vvedenie v membrannye tekhnologii. M.: DeLi print, 2008.

6. Starikov S.E. Regeneratsiya sanitarno-gigienicheskoi vody na osnove baromembrannykh metodov dlya uslovii dlitel'nykh kosmicheskikh ekspeditsii.: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2009.

7. Mitashova N.I. Ekologicheskie aspekty tekhnologii «vlazhnoi» chistki. Sovremennaya khimchistka i prachechnaya. 2002. № 3. P. 34–37.

8. Bobe L.S. Tekhnologicheskie protsessy sistem regeneratsii vody. M.: Izdatel'stvo MAI, 1991.

9. Mitashova N.I. Opredelenie pokazatelei kachestva stochnykh vod, sodержashchikh pov-
erkhnostno-aktivnye veshchestva. Izvestiya MGTU "MAMI". 2014. № 1 (19), t. 3. P. 68–76.

10. Mitashova N.I. Ochistka stochnykh vod, sodержashchikh PAV, i ikh povtorno-
e ispol'zovanie. Izvestiya MGTU "MAMI". 2013. № 3 (17), t. 2. P. 48–51.

11. Samsonov N.M., Abramov L.Ch, Protasov N.N. et al. Hygiene water recovery aboard the space station. Proc. 4th European Symp. on Space Environmental Control Systems. October 1991. Florence, Italy. ESA SP-324. Vol. 2. P. 649–651.

12. Obosnovanie razrabotki sistemy regeneratsii sanitarno-gigienicheskoi vody dlya kosmicheskoi stantsii: materialy 13-i Mezhdunarodnoi konferentsii "Aviatsiya i kosmonavtika – 2014", Moscow, 17–21 noya. 2014 g. / N.A. Sal'nikov, L.S. Bobe. Moskva: MAI, 2014. –710 p.

13. Pat. 2536993 Rossiiskaya Federatsiya, mpk7 C 02 F 1/44, B 01 D 61/12, B 01 D 65/08. Ustroistvo dlya vyrabotki sverkhchistoi vody. Byul. № 36; opubl. 27.12.2014.

14. Patent 2007202471 Australia, IPC⁷ A 61 L 2/18, A 61 L 2/24. Device for disinfecting a reverse osmosis system. Publication date 20.12.2007.

15. Sal'nikov N.A., Nikolaikina N.E., Bobe L.S., Rykhlov N.V. Issledovanie nasosa-separatora gazozhidkostnoi smesi dlya sanitarno-gigienicheskogo otseka kosmicheskoi stantsii. Izvestiya MGTU "MAMI". 2014. № 2 (20), t. 3. P. 9–15.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сальников Николай Александрович, аспирант кафедры ПАХТ, salnikov.onip@bk.ru.

Николайкина Наталья Евгеньевна, кандидат технических наук, профессор кафедры ПАХТ Университета машиностроения, nikols_153@mail.ru.