

ВСТ

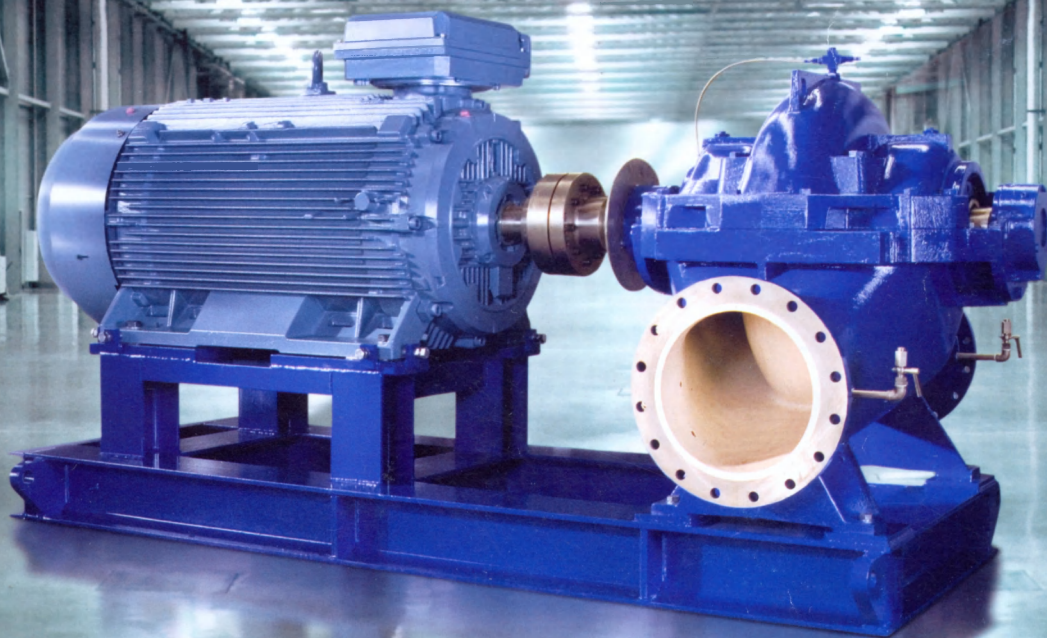
ВОДОСНАБЖЕНИЕ И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

ISSN 0321-4044

2
2012



**KSB — поставщик насосов
и трубопроводной арматуры
для муниципальных и городских
объектов водоснабжения**



На правах рекламы

Насосы • Арматура • Системные решения

ООО «КСБ» · Москва, 123022, 2-я Звенигородская ул., д. 13, стр. 15. Тел.: (495) 980-1176, факс: (495) 980-1169
Москва · Санкт-Петербург · Екатеринбург · Иркутск · Казань · Красноярск · Новосибирск
Ростов-на-Дону · Самара · Хабаровск · Минск · www.ksb.ru · info@ksb.ru



СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ВОДГЕО»

- Куранов Н. П. Решение задач водохозяйственного и гидротехнического строительства в России 3
- Швецов В. Н., Морозова К. М., Фесенко Л. Н., Скрябин А. Ю., Теремязева О. В. Биосорбционно-мембранная технология для предотвращения образования хлор- и броморганических соединений в воде р. Дона 7
- Селюков А. В., Байкова И. С. Обезжелезивание-деманганация подземных вод водозабора «Северный» г. Ханты-Мансийска 15
- Кучеренко Д. И., Кучеренко А. Д. Оптимальное управление системами оборотного водоснабжения 20
- Кузьмин В. В. Учет риска при выборе инженерных решений по защите подземных вод от загрязнения 26
- Кузьмин В. В. Методологические основы оценки риска при химическом загрязнении подземных вод 32
- Куранов П. Н., Коротеев Д. Г. Методика расчета норм осушения и порога геологической безопасности при подтоплении градопромышленных территорий 40
- Покровский Г. И., Войнич-Сяноженцкий Т. Г. Анализ причин аварий грунтовых подпорных сооружений водохозяйственных систем комплексного назначения 47

ВОДОКАНАЛЫ РОССИИ

- МУП г. Хабаровска «Водоканал»: проверка на соответствие международным и национальным сертификатам успешно завершена 54
- Применение автоматической системы дезинфекции на водоочистных сооружениях г. Магадана 55

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

- Носкова И. А., Мегалинский Л. В. Решетки-дробилки «Monster» для измельчения крупных загрязнений сточных вод 58
- Говорова Ж. М., Магомадов З. Р. Подготовка питьевой воды из маломощных водоемов 62
- Мельникова Т. В., Диденко В. Г., Юркив Н. И. Разработка биополимерных буровых растворов для строительства водозаборных скважин 72

ИНФОРМАЦИЯ

- Павлинова И. И. VI межвузовская научно-практическая конференция «История и перспективы инженерных систем» 76
- Открытый конкурс 2012 г. на соискание премии «АКВАТОР» 78

CONTENTS

VODGEO SCIENTIFIC-PRODUCTION ASSOCIATION

- Kouranov N. P. Handling the problems of water resources development in Russia 3
- Shvetsov V. N., Morozova K. M., Fesenko L. N., Skryabin A. Yu., Teremyazeva O. V. Biosorption membrane technology for prevention of chlororganic and bromorganic compound formation in the Don River water 7
- Selyukov A. V., Baikova I. S. Deironing-demanganation of ground waters at the Severny intake facilities of Khanty-Mansiysk 15
- Koutcherenko D. I., Koutcherenko A. D. Optimal control of recycling water systems 20
- Kouzmin V. V. Risk assessment in engineering decision-making on ground water protection from pollution 26
- Kouzmin V. V. Methodological principles of risk assessment in case of chemical ground water pollution 32
- Kouranov P. N., Kototeyev D. G. The procedure of designing drainage rates and geologic safety threshold in case of urban industrial area underflooding 40
- Pokrovsky G. I., Voinitch-Syanozhentsky T. G. Analyzing the causes of ground retaining structure failures of waterworks of integral use 47

WATER AND WASTEWATER COMPANIES IN RUSSIA

- Vodokanal of Khabarovsk Municipal Unitary Enterprise: the test for the international and national certificate conformity has been successfully passed 54
- Applying automatic disinfection at Magadan water treatment facilities 55

ADVANCED TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

- Noskova I. A., Megalinsky L. V. Monster Grinder Screens for shredding wastewater coarse pollutants 58
- Govorova Zh. M., Magomadov Z. R. Production of drinking water from small-scale water reservoirs 62
- Melnikova T. V., Didenko V. G., Yurkiv N. I. Developing biopolymer drilling mud for water supply well construction 72

INFORMATION

- Pavlinova I. I. «History and future of utility systems» VIth Interuniversity Scientific and Practical Conference 76
- AQUATOR 2012 Prize Open Contest 78

Биосорбционно-мембранная технология для предотвращения образования хлор- и броморганических соединений в воде р. Дона

В. Н. ШВЕЦОВ¹, К. М. МОРОЗОВА², Л. Н. ФЕСЕНКО³, А. Ю. СКРЯБИН⁴, О. В. ТЕРЕМЯЗЕВА⁵

¹ Швецов Валерий Николаевич, руководитель отдела, ОАО «НИИ ВОДГЕО»

119435, Россия, Москва, Б. Саввинский пер., 9, стр. 1, тел.: (499) 245-96-33, e-mail: info@watergeo.ru

² Морозова Ксения Михайловна, ведущий научный сотрудник, ОАО «НИИ ВОДГЕО»

E-mail: info@watergeo.ru

³ Фесенко Лев Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Водное хозяйство предприятий и населенных мест», Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)

346428, Россия, г. Новочеркасск Ростовской области, ул. Просвещения, 132, тел.: (86352) 55-3-34, e-mail: 65613@mail.ru

⁴ Скрябин Александр Юрьевич, кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «ПО Водоканал г. Ростова-на-Дону»

344019, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, 295, тел.: (863) 83-14-08, e-mail: skryabin@rvdk.ru

⁵ Теремязева Ольга Владимировна, научный сотрудник, ООО НПП «ЭКОФЕС»

346400, Россия, г. Новочеркасск Ростовской области, Баклановский пр., 200, тел.: (863) 290-05-95,

e-mail: olga7232@rambler.ru

Представлены экспериментальные исследования биосорбционно-мембранной технологии очистки воды р. Дона, выполненные на пилотной установке. Развитие данной технологии является перспективным направлением для предотвращения образования хлор- и броморганических соединений в питьевой воде. Предварительная обработка донской воды по данной технологии позволяет уменьшить при последующем хлорировании образование токсичных хлор- и броморганических соединений на 40–50% за счет удаления в биореакторе органических загрязнений. В процессе исследований подтверждена высокая эффективность биосорбционно-мембранной технологии для обработки природных вод даже в условиях низких температур.

Ключевые слова: биосорбционно-мембранная технология, очистка природных вод, питьевая вода, ксенобиотик, порошкообразный активированный уголь, хлор- и броморганические соединения.

Experimental pilot studies of biosorption membrane technology of the Don water treatment are presented. The development of the given technology is a perspective direction in preventing chlororganic and bromorganic compound formation in drinking water. The Don water pretreatment with the given technology provides for 40–50% reduction of toxic chlororganic and bromorganic compounds formed during subsequent chlorination by means of eliminating organics in a bioreactor. During the studies high efficiency of biosorption membrane technology used for natural water treatment even at low temperatures was proved.

Key words: biosorption membrane technology, natural water treatment, drinking water, xenobiotic, powdered activated carbon, chlororganic and bromorganic compounds.

В последние годы техногенное воздействие на источники централизованного водоснабжения приобрело глобальный характер. Из техногенных загрязнений водоисточников наиболее часто встречаются токсичные и трудноокисляемые вещества — нефтепродукты, фенолы, хлор- и бромметан. Именно соединения этих групп чаще

всего превышают нормы предельно допустимых концентраций в питьевой воде и наиболее опасны для человека.

При наличии в поверхностном водоисточнике метана первичное хлорирование на станциях водоподготовки может приводить к образованию высокоопасных хлорорганических соеди-

нений (второй класс опасности), например хлороформа (трихлорметана), дихлорбромметана, дибромхлорметана, хлорбромметана.

По данным Научно-исследовательского института экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАМН, первое место среди канцерогенов занимают такие галоформные соединения, как хлороформ, бромхлорметан и дибромхлорметан, на долю которых приходится 78,4% общего канцерогенного риска [1]. В связи с этим установленный Роспотребнадзором показатель допустимого содержания хлорорганических соединений в системе городского водопровода (60 мкг/л) должен строго соблюдаться.

В настоящее время на станциях водоподготовки для удаления антропогенных соединений совместно с коагуляцией и фильтрованием успешно применяют сорбцию на активированном угле и озонирование. Такая технология позволяет достичь гигиенических нормативов загрязнений в питьевой воде. В то же время окисление озоном и адсорбция на активированном угле не всегда обеспечивают барьерную функцию в отношении ряда хлорорганических загрязнений, требуют дорогостоящих и дефицитных реагентов и оборудования, а также высоких эксплуатационных затрат, имеют высокую энергоемкость. При использовании активированного угля требуется его периодическая замена или регенерация. Применение сорбционной очистки на активированном угле в настоящее время ограничено в связи с нерешенностью проблемы регенерации больших объемов сорбента после 1–1,5 лет эксплуатации.

Из-за высокой стоимости обратноосмотических и ультрафильтрационных мембран, низкой производительности установок и высоких затрат энергии при фильтровании применение этих технологий для очистки природных вод пока весьма ограничено. В связи с этим в условиях постоянно возрастающей степени загрязнения водоисточников органическими веществами антропогенного происхождения требуется разработка альтернативной технологии для глубокой очистки природных вод от биорезистентных и канцерогенных органических веществ.

Биосорбционно-мембранная технология основана на совмещении в пространстве и во времени процессов адсорбции загрязняющих веществ на порошкообразном активированном угле (ПАУ) с их биохимической деструкцией микроорганизмами и их ферментами, иммобилизованными на поверхности пористой структуры сорбента. При этом мембранная микрофильтрация обеспечивает полное удержание микроорганизмов и порошкообразного сорбента

(в частности, ПАУ) в биореакторе и позволяет совместить биосорбционный метод с мембранным фильтрованием. Это гарантирует постоянное биологическое восстановление сорбента и исключает необходимость его термической регенерации или замены.

Данная технология апробирована на природной воде рек Москвы, Яузы и Оки [2–4]. Качество воды, прошедшей обработку в биосорбционно-мембранном реакторе (БМР), удовлетворяло требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 по всем основным загрязняющим компонентам. Теоретически и экспериментально обоснованы преимущества и условия применения биосорбционно-мембранного метода для очистки природных вод с относительно низкими концентрациями загрязнений, наличием преимущественно трудноокисляемых веществ, сезонным характером их появления в периоды относительно непродолжительных паводков и низкими температурами в течение зимнего периода.

Исследования, проведенные на природной воде, подтвердили высокую эффективность удаления ксенобиотиков биосорбционно-мембранным методом по сравнению с традиционной физико-химической очисткой (коагуляцией). Предварительная обработка воды на биосорберах позволяет значительно сократить расход реагентов при одинаковом качестве очищенной воды или увеличить глубину очистки при равной дозе коагулянта. Использование БМР в качестве ступени предварительной очистки воды на очистных сооружениях водопровода обеспечивает гарантированное качество очистки как от загрязнений природного происхождения (цветность, мутность и др.), так и от специфических веществ антропогенного характера (нефтепродуктов, фенолов, пестицидов, хлорорганических веществ и др.), которые могут являться «предшественниками» хлорорганических веществ при хлорировании на станциях водоподготовки.

Для реализации данной технологии на станциях водоподготовки с забором воды из р. Дона и выбора места расположения биосорбционно-мембранного реактора в технологической схеме необходима апробация ее на пилотной установке в условиях объекта с целью отработки технологических, технических и конструктивных параметров.

По результатам анализа показателей качества, донская вода (водозабор Александровской станции водоподготовки) характеризуется повышенным содержанием органических загрязнений (по ХПК), а питьевая вода содержит, соответственно, более высокие концентрации хлорорганических

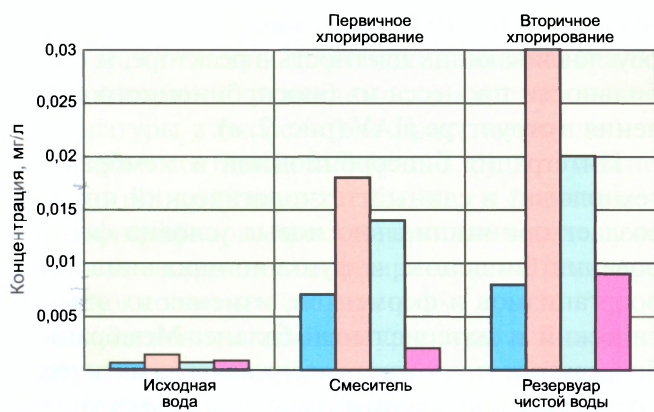


Рис. 1. Изменение содержания хлорорганических соединений по ступеням очистки (декабрь 2008 г.)

■ хлороформ; ■ дихлорбромметан; ■ хлордибромметан; ■ бромформ

соединений. В 2009 г. концентрация органических загрязнений (по ХПК) в донской воде составляла в среднем 18,6 мг/л, в 2010–2011 годах она увеличилась до 24 мг/л, в отдельные периоды превышала 30 мг/л.

Цветность воды на водозаборе в 2009 г. составляла в среднем 21 град ПКШ, в 2010 и 2011 годах — соответственно 27 и 29 град. С увеличением ХПК сырой воды ее цветность возрастала, что обусловлено весенним половодьем и паводком в течение года. Так же можно объяснить и повышенное содержание (свыше 30 мг/л) взвешенных веществ в отдельные периоды года. За весь период наблюдений концентрация взвешенных веществ в исходной воде изменялась от 4 до 50 мг/л и в среднем составляла 22,5 мг/л.

В донской воде присутствуют хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан, трибромметан в концентрациях, не превышающих норматив СанПиН 2.1.4.1074-01. Первичное хлорирование исходной воды приводит к образованию хлор- и броморганических соединений, а вторичное хлорирование вызывает повышение содержания этих токсичных и канцерогенных загрязнений в питьевой воде (рис. 1).

Пилотная установка производительностью до 500 л/сут была размещена на Александровской станции водоподготовки и пущена в эксплуатацию в августе 2011 г. Донская вода подавалась в биосорбционно-мембранный реактор без предварительного хлорирования и физико-химической обработки. При объеме реактора 20 л и расходе подаваемой на установку воды 18 л/ч время аэрации в реакторе составило 1,1 ч, эффективная площадь фильтрации половолоконных мембран (размер пор 0,04 мкм) — 0,93 м², концентрация ПАУ марки ОУ-А поддерживалась на уровне 8–9 г/л.

Установка работала в течение четырех месяцев в непрерывно-проточном режиме. Аналитический контроль за работой установки осуществлялся по основным загрязняющим компонентам: перманганатная окисляемость, ХПК, азот аммонийный, нитриты, нитраты, цветность, мутность, жесткость (определение по стандартным методикам) и специфическим ингредиентам: нефтепродукты, хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан, трибромметан. Определялась также концентрация порошкообразного активированного угля в реакторе (два раза в месяц).

В процессе исследований осуществлялся бактериологический анализ исходной воды, поступающей на установку, и пермеата. Производились микробиологические исследования воды на общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ) и колифаги. Ежедневно контролировался и поддерживался на постоянном уровне расход пермеата через мембраны.

Для оценки эффективности и целесообразности применения биосорбционно-мембранной технологии на предварительной стадии обработки воды для снижения образования хлорорганических соединений были проведены параллельные опыты по хлорированию исходной воды и пермеата. После хлорирования в пробах определяли: содержание остаточного хлора, хлороемкость, концентрацию хлороформа, дихлорбромметана, дибромхлорметана, трибромметана.

В период исследований донская вода имела следующие показатели качества: мутность 5–20 мг/л (в среднем 8,8 мг/л); перманганатная окисляемость 2,5–5 мг/л (в среднем 3,8 мг/л); ХПК 12–45,6 мг/л (в среднем 32 мг/л); цветность 18,5–35 град (в среднем 28 град); содержание нефтепродуктов 0,013–0,02 мг/л; азот аммонийный 0,035–0,12 мг/л; жесткость 6–8,2 мг/л (в среднем 6,7 мг/л); рН 7,3–7,9 (в среднем 7,6).

Результаты работы биосорбционно-мембранного реактора на донской воде за период испытаний (сентябрь–декабрь 2011 г.) представлены на рис. 2–4.

Концентрация органических загрязнений, оцениваемых по перманганатной окисляемости, в исходной воде изменялась от 2,5 до 5 мг/л, в пермеате — от 1,1 до 2 мг/л. В среднем перманганатная окисляемость снижалась с 3,7 до 1,7 мг/л (рис. 2, а), эффективность очистки при этом составляла 54%.

Показатель ХПК исходной воды в среднем составлял 32 мг/л, очищенной воды после мембранного биореактора за весь период наблюдений не превышал 12 мг/л (рис. 2, б). Эффективность

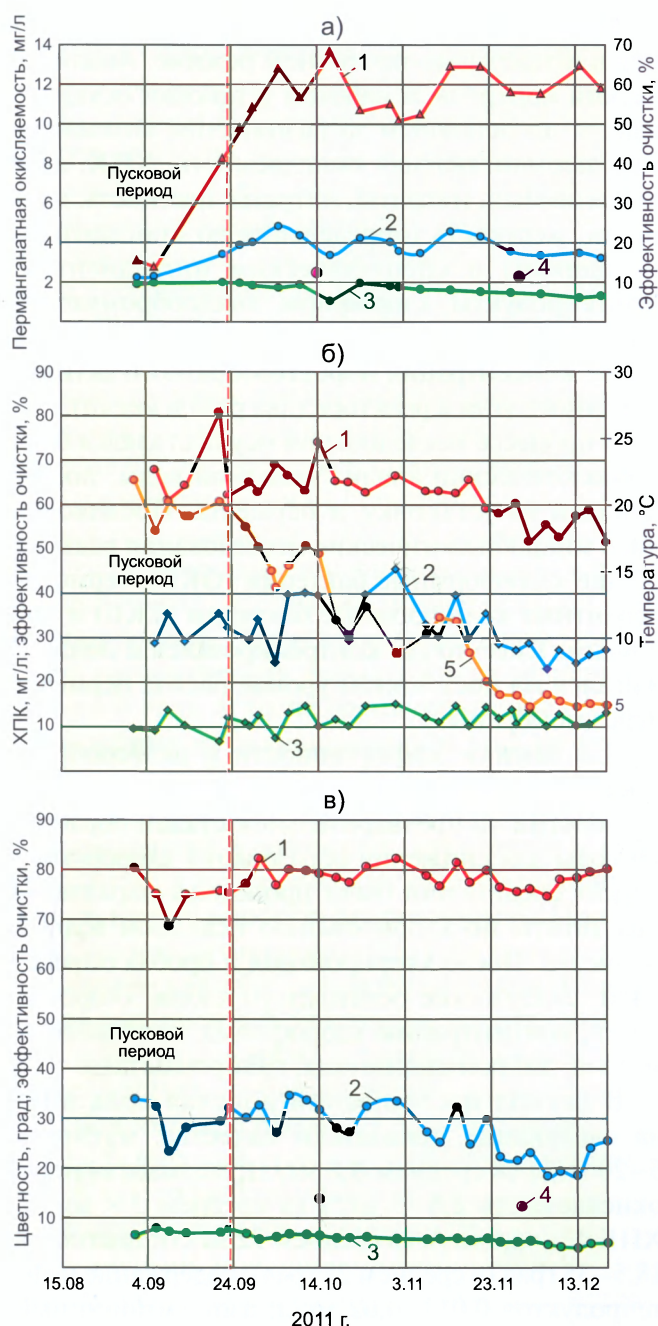


Рис. 2. Динамика снижения содержания органических загрязнений

а – перманганатная окисляемость; б – ХПК; в – цветность; 1 – эффективность очистки; 2 – исходная вода; 3 – пермеат; 4 – в биореакторе; 5 – температура в биореакторе

удаления органических загрязнений по ХПК составляла в среднем 62%.

В очищенной воде практически отсутствовали взвешенные вещества. Мутность пермеата за весь период эксперимента не превышала 0,2 мг/л.

Цветность воды в биореакторе в среднем снижалась с 28 до 6 град (рис. 2, в), эффективность снижения цветности при этом составляла 78%. Наличие незначительного, но постоянного градиента по цветности (разница значений цветности внутри реактора и в пермеате) свиде-

тельствует об отсутствии накопления веществ, обуславливающих цветность в реакторе, и о стабильности процесса их биосорбционного окисления в структуре ПАУ (рис. 2, в).

Интеграция биосорбционной и мембранной технологий в единый технологический процесс создает принципиально новые условия формирования биоценоза и функционирования микроорганизмов и ферментов, изменяя их энергетический и материальный баланс. Мембраны в биореакторе позволяют задерживать практически полностью всю сформировавшуюся микрофлору. Происходит накопление бактерий с большим периодом генерации, способных окислять загрязнения с высокой устойчивостью к биодеструкции. Это обеспечивает высокую эффективность удаления трудноокисляемых органических веществ.

Концентрация нефтепродуктов в исходной воде колебалась в диапазоне 0,013–0,02 мг/л, в пермеате – не превышала 0,017 мг/л, в среднем снижалась с 0,017 до 0,014 мг/л.

Уменьшение концентрации азота аммонийного в среднем с 0,1 до 0,007 мг/л сопровождалось повышением концентрации нитратов на величину, эквивалентную этому снижению. Концентрация азота нитратного возрастала с 1,6 до 1,75 мг/л, при этом азот нитритов в процессе нитрификации снижался с 0,06 до 0,02 мг/л. Наличие нитрификации в реакторе указывает на протекание биологических процессов, обеспечивающих эффективную очистку воды. Имело место снижение содержания фосфора, который используется в процессах ассимиляции, с 0,09 до 0,04 мг/л. Показатель рН в процессе обработки снижался в среднем с 7,6 до 7,1.

За весь период работы пилотной установки можно выделить три технологических режима, отличающиеся температурой. За время исследований температура воды в реакторе снизилась с 21 до 5 °С, в среднем по режимам – с 17 до 5,5 °С (рис. 2, б).

На рис. 3 показано изменение эффективности очистки и качества очищенной воды при различных температурных режимах в биореакторе. Эффективность удаления органических загрязнений по ХПК составляла 67–56%. Наиболее высокая эффективность очистки (до 67%) имела место в течение первого режима при температуре в среднем 17 °С. Понижение температуры до 5,5 °С существенно не сказалось на качестве очистки по ХПК, а снижение эффективности и удельной скорости окисления в основном обусловлено тем, что в этот период ХПК исходной воды снизилось до 28 мг/л по сравнению с 35 мг/л при температуре 17 °С.

В то же время эффективность очистки воды от органических загрязнений по показателю перманганатной окисляемости со снижением температуры в биореакторе практически не изменилась и составила 58% (рис. 3, б). Это можно объяснить, по-видимому, тем, что в данный период микрофлора, присутствующая в воде, уже полностью созрела и адаптировалась в реакторе к легкоокисляемым соединениям.

Со снижением температуры воды в биореакторе эффективность очистки от органических загрязнений, обуславливающих ее цветность, также практически не изменилась, поскольку в холодный период года цветность воды в реке уменьшилась. В теплый период года цветность исходной воды составляла 32 град (при температуре 5,5 °С – 23 град), а очищенной воды – соответственно 7 и 5 град, что не отразилось на эффективности очистки (рис. 3, в).

На основе результатов исследований были получены кинетические зависимости окисления органических веществ, оцениваемых через перманганатную окисляемость и ХПК, определены удельные скорости окисления для математического описания и расчета биосорбционно-мембранных реакторов. Удельной кинетической характеристикой биосорбционного процесса, связывающей массу или объем активированного угля с количеством биопленки, образующейся на его поверхности, является удельная скорость окисления ρ , мг/(г·сут).

Из диаграммы на рис. 3, а видно, что при качестве очищенной воды по ХПК 12–13 мг/л удельная скорость окисления при температуре до 17 °С составляет по усредненным данным 50 мг/(г·сут), а при температуре 5,5 °С – 36 мг/(г·сут).

Во всех режимах в биореакторе наблюдалась глубокая очистка воды от органических загрязнений по перманганатной окисляемости (до 1–2 мг/л) при скорости окисления 4,7 и 5,7 мг/(г·сут), при температуре 5,5 и 17 °С соответственно (рис. 3, б).

Основные преимущества биосорбционно-мембранных реакторов – полное удаление взвешенных частиц, высокое качество очистки и частичная дезинфекция воды.

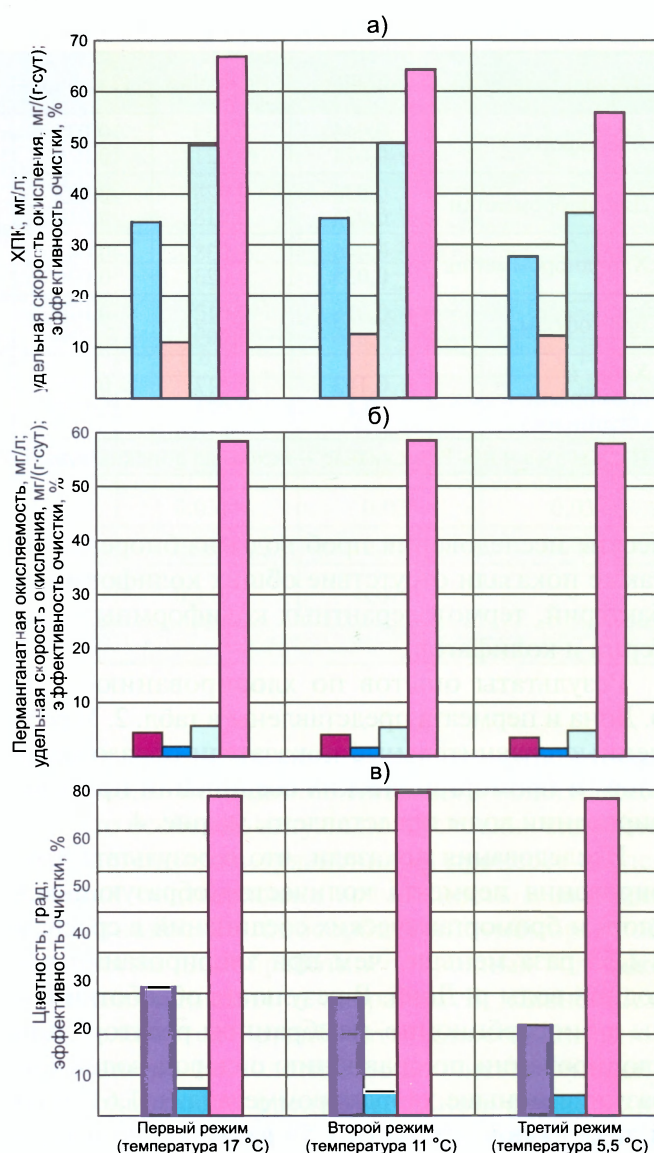


Рис. 3. Эффективность очистки воды при различных температурных режимах в биореакторе

а – ХПК и удельная скорость окисления; б – удельная скорость окисления органических загрязнений по перманганатной окисляемости; в – цветность; ■ ХПК исходной воды; ■ то же, пермеата; ■ удельная скорость окисления; ■ эффективность очистки; ■ перманганатная окисляемость исходной воды; ■ то же, пермеата; ■ цветность исходной воды; ■ то же, пермеата

Из табл. 1 видно, что в пермеате бактериальные загрязнения практически полностью отсутствуют. Выполненные в 2011 г. микробиологи-

Таблица 1

Показатель	28 сентября		24 ноября		12 декабря	
	исходная вода	пермеат	исходная вода	пермеат	исходная вода	пермеат
ОКБ, КОЕ/100 мл	91	0	109	0	105	0
ТКБ, КОЕ/100 мл	36	0	45	0	49	0
Колифаги, БОЕ/100 мл	25	0	80	2	114	1

Таблица 2

Показатель, мг/л	3 ноября	10 ноября	17 ноября	23 ноября	1 декабря	8 декабря	15 декабря	Среднее значение
Хлороформ	$\frac{0,044}{0,024}$	$\frac{0,039}{0,021}$	$\frac{0,035}{0,026}$	$\frac{0,037}{0,028}$	$\frac{0,034}{0,0261}$	$\frac{0,032}{0,03}$	$\frac{0,019}{0,013}$	$\frac{0,034}{0,024}$
Дихлорбромметан	$\frac{0,036}{0,025}$	$\frac{0,028}{0,018}$	$\frac{0,037}{0,018}$	$\frac{0,038}{0,026}$	$\frac{0,035}{0,027}$	$\frac{0,032}{0,02}$	$\frac{0,011}{0,003}$	$\frac{0,031}{0,02}$
Хлордибромметан	$\frac{0,046}{0,035}$	$\frac{0,038}{0,023}$	$\frac{0,041}{0,026}$	$\frac{0,053}{0,033}$	$\frac{0,04}{0,03}$	$\frac{0,041}{0,019}$	$\frac{0,012}{0,002}$	$\frac{0,039}{0,024}$
Бромформ	$\frac{0,016}{0,016}$	$\frac{0,012}{0,009}$	$\frac{0,014}{0,0099}$	$\frac{0,023}{0,016}$	$\frac{0,016}{0,013}$	$\frac{0,016}{0,007}$	$\frac{0,005}{0}$	$\frac{0,015}{0,01}$
Хлор- и броморганические соединения	$\frac{0,142}{0,1}$	$\frac{0,117}{0,071}$	$\frac{0,127}{0,0799}$	$\frac{0,151}{0,103}$	$\frac{0,125}{0,0961}$	$\frac{0,121}{0,076}$	$\frac{0,047}{0,018}$	$\frac{0,119}{0,078}$

Примечание. В числителе – исходная донская вода, в знаменателе – пермеат.

ческие исследования проб воды из биореактора также показали отсутствие общих колиформных бактерий, термотолерантных колиформных бактерий и колифагов.

Результаты опытов по хлорированию воды р. Дона и пермеата представлены в табл. 2. Усредненные сравнительные показатели образования хлор- и броморганических соединений при хлорировании воды представлены на рис. 4.

Исследования показали, что в результате хлорирования пермеата количество образующихся хлор- и броморганических соединений в среднем в 1,53 раза меньше, чем при хлорировании исходной воды р. Дона. В результате обработки воды в биосорбционно-мембранном реакторе при хлорировании по сравнению с сырой водой образуется меньше хлордибромметана (в 1,61 раза) и дихлорбромметана (в 1,58 раза). В пермеате в результате предварительной биосорбционно-мембранной обработки образуется меньше хлороформа и бромформа (в 1,44 раза).

Таким образом, за счет удаления в биореакторе «предшественников» образования хлор- и броморганических соединений (трудноокисляемых органических загрязнений, в том числе метана) предварительная биосорбционно-мембранная обработка донской воды позволяет уменьшить при последующем хлорировании образование токсичных хлор- и броморганических соединений на 40–50%.

В табл. 3 приведены усредненные данные по составу исходной, очищенной (водопроводной) воды и пермеата. Данные табл. 3 показывают, что использование биосорбционно-мембранного реактора уже на предварительной стадии очистки позволяет получить качество очищенной воды, удовлетворяющее требованиям СанПиН 2.1.1.1074-01 по основным загрязняющим компонентам, а также загрязнениям антропогенного характера. Эффективность очистки

природных вод по перманганатной окисляемости и цветности близка к эффективности очистки по традиционной схеме, а степень удаления мутности и ксенобиотиков (нефтепродуктов, хлор- и броморганики, аммонийного азота) выше.

Применение биосорбционно-мембранного реактора в технологических схемах водоподготовки позволит существенно сократить количество хлорсодержащих реагентов, коагулянтов и флокулянтов за счет превентивного удаления загрязнений природного и антропогенного происхождения, стабилизации и улучшения качественных показателей воды, поступающей на последующие стадии очистки, отказаться от первичного хлорирования, использования ступени глубокой очистки для удаления специфических загрязнений антропогенного характера, что приведет к значительному снижению эксплуатационных затрат на очистку.

Наиболее высокий результат очистки речной воды биосорбционно-мембранным методом был

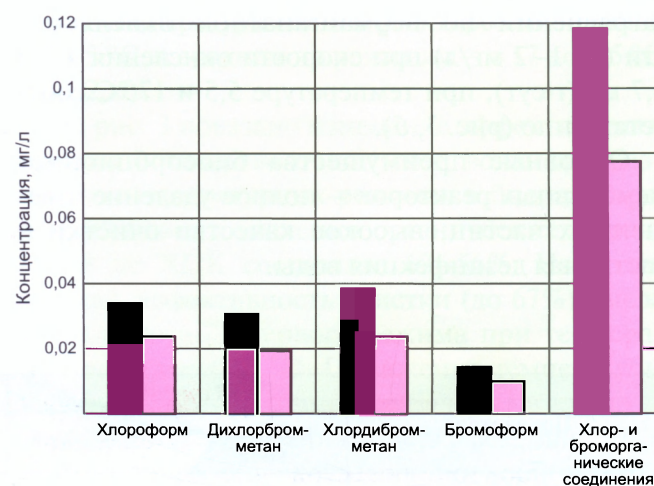


Рис. 4. Изменение содержания хлор- и броморганических соединений после хлорирования воды
 ■ донская вода; ■ пермеат

Таблица 3

Показатель	Исходная донская вода (январь—июнь 2011 г.)	Очищенная вода	Исходная донская вода (сентябрь—декабрь 2011 г.)	Очищенная вода после биореактора (пермеат)	СанПиН 2.1.1.1074-01
Мутность, мг/л	8,6	0,7	9	0,1	1,5
Перманганатная окисляемость, мг/л	3,7	2,8	4,4	1,8	5
ХПК, мг/л	21,7	—	32	12	—
Цветность, град ПКШ	27,5	7,6	28	6	20
Нефтепродукты, мг/л	0,011	0,011	0,016	0,014	0,1
Азот аммонийный, мг/л	0,29	0,11	0,1	0,007	1,5
Хлороформ, мг/л	—	0,0304	0,034*	0,024*	0,2
Хлордибромметан, мг/л	—	0,028	0,039*	0,024*	0,03
Дихлорбромметан, мг/л	—	0,0306	0,031*	0,02*	0,03
Бромформ, мг/л	—	0,0288	0,015*	0,01*	0,03
Хлор- и броморганические соединения, мг/л	—	0,1178	0,119*	0,078*	—
* После хлорирования исходной донской воды и пермеата.					

получен для удаления органических загрязнений по ХПК, перманганатной окисляемости и цветности. Эффективность очистки как по ХПК, так и по снижению цветности и перманганатной окисляемости практически не зависела от температуры в исследованном диапазоне 17–5,5 °С, что свидетельствует о высокой стабильности работы биосорбционной системы в реакторе. При очистке воды в биореакторе эффективность снижения ХПК составляла 56–67%, цветности — 77–79% и перманганатной окисляемости — 58–59% при времени обработки 1,1 часа.

Предварительная биосорбционно-мембранная обработка исходной воды позволяет уменьшить при последующем хлорировании воды образование токсичных хлор- и броморганических соединений на 40–50% за счет удаления в биореакторе органических загрязнений.

Биосорбционно-мембранная технология легко интегрируется в технологические схемы очистных сооружений без существенных капитальных и строительных затрат, обеспечивая повышение их производительности и одновременно необходимую степень очистки.

Выводы

Результаты исследований, проведенных на пилотной установке на воде р. Дона, показали, что развитие биосорбционно-мембранной технологии является перспективным направлением совершенствования процессов очистки природных вод, в частности, для предотвращения образования хлор- и броморганических соединений при хлорировании воды. Технология эффективна для

устранения токсичности и канцерогенной опасности воды источников питьевого водоснабжения, что особенно актуально в условиях сильного антропогенного загрязнения. В процессе исследований подтверждена возможность и высокая эффективность биосорбционно-мембранной технологии для обработки природных вод даже в условиях низких температур. В дальнейшем предполагается отработать биосорбционно-мембранную технологию по доочистке очищенной воды после предварительной физико-химической обработки с целью удаления хлор- и броморганических соединений, образующихся при первичном хлорировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2002 году: Гос. доклад. — М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005.
2. Швецов В. Н., Яковлев С. В., Морозова К. М. и др. Глубокая очистка природных и сточных вод на биосорберах // Водоснабжение и сан. техника. 1995. № 11.
3. Швецов В. Н., Морозова К. М., Смирнова И. И. Очистка природных вод на мембранных биореакторах: Сборник докладов 5-го Международного конгресса по управлению отходами и природоохранным технологиям «Вэйст-Тэк-2007». — М., 2007.
4. Швецов В. Н., Морозова К. М., Смирнова И. И. Развитие биомембранных технологий очистки природных вод // Водоснабжение и сан. техника. 2009. № 9.

4 февраля 2012 г. исполнилось 65 лет **Льву Николаевичу Фесенко**, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой «Водное хозяйство предприятий и населенных мест» Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института).

В 1970 г. Лев Николаевич Фесенко окончил Новочеркасский политехнический институт и поступил в аспирантуру, где занимался вопросами создания химических источников тока. Разработанные технологии были использованы в космических программах. В 1981 г. Лев Николаевич был приглашен на кафедру «Технология очистки природных и сточных вод». В институте он прошел путь от ассистента до декана строительного факультета и проректора. С 1999 г. заведует кафедрой «Водное хозяйство предприятий и населенных мест». В 2000 г. под его руководством создано и успешно работает структурное подразделение ЮРГТУ (НПИ) – Проектный научно-исследовательский институт водоснабжения и водоотведения.

В 1980–1990-е годы научная деятельность Л. Н. Фесенко была направлена на разработку теоретических основ, технологий и установок в области кондиционирования подземных вод и очистки сточных вод, содержащих йод, бром и сероводород. В 2004 г. Лев Николаевич защитил докторскую диссертацию по специальности «Водоснабжение и канализация».

В 1990 г. по инициативе и под руководством Л. Н. Фесенко образовано Научно-производственное предприятие «ЭКОФЕС», где разрабатываются новые конструкции и технологии получения низко-



концентрированного гипохлорита натрия, применяемого для обеззараживания воды. На базе предприятия налажено промышленное производство электролизных установок «Хлорэфс», которые успешно эксплуатируются более чем на 200 объектах.

Л. Н. Фесенко является автором более 150 научных работ, учебных и методических пособий, имеет множество патентов и авторских свидетельств. Его работы широко известны и неоднократно отмечались медалями и дипломами на российских и международных выставках. Лев

Николаевич входит в состав редколлегии журнала «Водоснабжение и санитарная техника», является членом диссертационного совета НГМА и оргкомитета по проведению международных конференций «ТЕХНОВОД».

Несмотря на огромную занятость, Лев Николаевич остается доброжелательным и чутким человеком, он всегда готов помочь людям в трудную минуту. В 1988 г., узнав о случившемся в Армении разрушительном землетрясении, Л. Н. Фесенко возглавил отряд горноспасателей. В Спитаке усилиями волонтеров были спасены человеческие жизни.

Л. Н. Фесенко сочетает высокую требовательность с добрым отношением к коллегам, аспирантам и студентам. Профессионализм и эрудиция, творческая энергия и личное обаяние снискали ему уважение коллег.

Коллектив института, редколлегия и редакция журнала сердечно поздравляют Вас, уважаемый Лев Николаевич, с юбилеем и желают Вам крепкого здоровья, творческих успехов и новых свершений!

ВСТ
ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

**Приглашаем посетить
наш стенд 14Е7.2
на выставке «ЭКВАТЭК-2012»
5–8 июня, МВЦ «Крокус Экспо»**