

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.16.08 (282.247.36)

DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.5

А.И. ВЕРГУНОВ

БИОСОРБЦИОННО-МЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ДОНСКОЙ ВОДЫ

ORGANIC SORPTION-MEMBRANE TECHNOLOGY OF DON WATERS CLEAN

В течение одного года на воде реки Дон были проведены пилотные испытания биосорбционно-мембранной установки, позволяющей снизить содержание органических веществ в питьевой воде. Так, эффективность снижения концентрации по химическому потреблению кислорода (ХПК) в биосорбционно-мембранном реакторе составляла в среднем 44,8 %, цветности – 59,1 %, перманганатной окисляемости – 31,2 %. Высокая степень очистки воды была получена по мутности и составляла 95–96 %. Результаты исследований показали, что биосорбционно-мембранная технология является перспективным направлением совершенствования процессов очистки природных вод, в частности, для предотвращения образования хлор- и броморганических соединений при хлорировании воды.

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

Донская вода характеризуется повышенным содержанием органических загрязнений. Так, в 2009 г. концентрация органических загрязнений (по ХПК) в реке Дон составляла в среднем 18,6 мг/л, в 2010–2012 гг. увеличение произошло до 24 мг/л, в отдельные периоды превышение составляло 30 мг/л [1].

Известные и широко применяемые в практике водоподготовки технологии предусматривают обработку поверхностных вод путем осветления, фильтрования и обеззараживания, основанные на применении различных методов, разработанных еще в 30–40-е гг. прошлого столетия. Обычно они различаются по числу технологических операций, применяемым реагентам [2].

Также известны безреагентные технологии очистки воды, к которым относятся медленные

Within one year on the water of the river Don were conducted pilot tests of bio-sorptional-membrane installation, allowing to reduce the content of organic substances in drinking water. Thus, reducing the efficiency of COD concentration in the bio-sorptional-membrane reactor averaged 44.8%, the chroma - 59.1%, permanganate oxidation - 31.2%. The high degree of water purification has been obtained and turbidity was 95–96%. The results showed that the bio-sorptional membrane technology is a promising way to improve the process of natural water purification, in particular, to prevent the formation of chlorinated and brominated compounds in the chlorination of water.

Keywords: bio-sorptional membrane technology, water purification, drinking water, powdered activated carbon, chloro- and brom-organic compounds

фильтры [3], широко применяемые в сельских районах бассейна реки Дон.

Для обеспечения качества очищенной воды до требований СанПиН 2.1.4. 1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» на действующих водопроводных очистных сооружениях дополнительно могут применяться методы, основанные на сорбции, озонировании, обратном осмосе, ионном обмене и др. Однако они требуют значительных затрат на оборудование, электроэнергию и реагенты [4,5].

В связи с этим наибольший интерес представляет использование медленных фильтров. Их преимущество заключается в высокой степени очистки воды, удалении органических загрязнений,

отсутствии операции первичного хлорирования и реагентной обработки [3]. Суть метода сводится к биологическим процессам на поверхности песка, где происходит окисление различных органических соединений за счет кислорода воздуха, а песок при этом является как фиксатором биопленки, так и фильтрующим элементом. Недостатком конструкции является низкая скорость фильтрования воды (не более 0,2 м/ч). Такие фильтры не получили широкого распространения из-за потребности значительных площадей и капитальных вложений на строительство.

Реализовать процессы, происходящие в загрузке медленного фильтра, возможно при совмещении биосорбционной технологии с использованием порошкообразных сорбентов и мембранной фильтрации. Эта технология была реализована в биосорбционно-мембранном реакторе (БМР) [6,7].

Возможность применения БМР для целей питьевого водоснабжения в Российской Федерации представлена в работах учёных НИИ ВОДГЕО В.Н. Швецова, К.М. Морозовой, И.И. Смирновой [6–8]. В этих трудах приведены результаты исследований очистки воды Москвы-реки с использованием половолоконных мембран. Показатели качества очищенной воды удовлетворяли требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01.

Цель настоящей работы – исследование возможности применения биосорбционно-мембранной технологии для очистки донской воды [1,9]. Это обусловлено тем, что качество воды р. Москвы и р. Дон разнится. Так, значения цветности, перманганатной окисляемости (ПО) нефтепродуктов и СПАВ р. Дон меньше аналогичных показателей р. Москвы соответственно в 1,9; 1,9-2,0; 2,3-2,4; 1,8-1,9 раза. А по мутности и фенолам – больше соответственно в 2,2 и 2 раза [1,10]. Кроме того, в отличие от воды Москвы-реки в донской воде присутствуют бромиды [11] с концентрацией до 0,4 мг/л, которые участвуют в образовании галогенорганических веществ при хлорировании воды.

С целью проведения опытов была изготовлена и смонтирована установка на Новочеркасских ВОС-1, включающая в себя: резервуар вместимостью 280 л, блок с 8-ю плоскими мембранными элементами размерами 1000×490×7 мм (производство фирмы SINAP), полезной площадью 6,4 м² и величиной пор 0,1 мкм. Отвод фильтрованной воды осуществляли путём вакуумирования межмембранного пространства. Рабочий диапазон трансмембранного давления составлял 1,0-30,0 кПа. Блок с мембранами устанавливали

в резервуар, оснащенный дренажной аэрационной системой, подачу воздуха обеспечивали в непрерывном режиме с помощью воздушного компрессора. Интенсивность аэрации составляла 37,3-46,2 м³/м²·ч, где м² – площадь поверхности (зеркала) мембранного модуля. Эти значения соответствуют рекомендациям фирмы «Тогау» (производитель биореакторов с плоскостными мембранами). В качестве сорбента-носителя биомассы использовали порошкообразный активный уголь (ПАУ) марки ОУ-А, гранулометрический размер которого не превышал 100 микрон. Концентрация угля в реакторе была 7-9 г/л. Производительность установки 1,1-2,7 м³/сут, что соответствует удельному потоку через мембрану 7,2-17,6 л/м²·ч. Температура обрабатываемой воды колебалась в зависимости от времени года и составляла 4-20 °С, а содержание взвешенных веществ находилось в пределах 0,7-8,2 мг/л.

Результаты исследований изменения качества воды р. Дон после БМР по показателям: ХПК, цветность и перманганатная окисляемость в период с ноября 2014 г. по ноябрь 2015 г. представлены на рис. 1-4.

На рис. 1 показаны усредненные значения очистки донской воды после БМР по показателям ХПК, цветность и ПО.

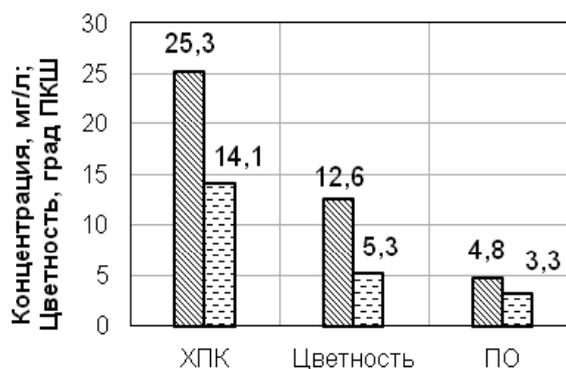


Рис. 1. Усредненные показатели изменения качества воды р. Дон после БМР: ▨ - исходная вода, ▤ - фильтрат

Как видно из рис. 1, наблюдается заметное снижение ХПК и цветности по сравнению с аналогичными показателями исходной воды за время проведения экспериментов. Так, эффективность удаления органических загрязнений по ХПК составляла в среднем 44,4 %, а по цветности – 58 %. Эффективность очистки органических загрязнений, оцениваемых по перманганатной окисляемости, при этом была 31,2 %.

Известно, что в большинстве случаев эффективность очистки зависит от температуры обрабатываемой

мой воды. Для этого были проведены исследования по оценке снижения ХПК, цветности и перманганитной окисляемости в течение года, когда температура обрабатываемой воды изменялась в широком интервале значений в соответствии с сезоном (от 4 до 20 °С). На рис. 2-4 представлены результаты этих исследований.

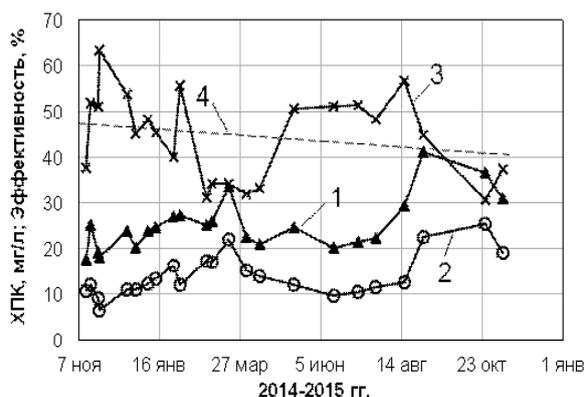


Рис. 2. Изменение концентраций по ХПК во времени и эффективность очистки:

1 – исходная вода; 2 – фильтрат; 3 – эффективность; 4 – линейная аппроксимация эффективности

Как видно из рис. 2, изменение концентрации исходной воды по ХПК за период наблюдения имеет сложную зависимость, которая в целом характеризуется повышением определяемого показателя в среднем на 51 %. Несовпадение значений концентраций ХПК в начальных и конечных точках периода исследования (ноябрь 2014 г. – ноябрь 2015 г.) может быть объяснено тем, что в 2015 г. наблюдалось заметное снижение уровня воды р. Дон из-за испарения, а это, как правило, приводит к концентрированию солей в воде.

Характер изменения значений ХПК в фильтрате (кривая 2, рис. 2) за этот же период повторяет ход кривой ХПК в исходной воде (кривая 1, рис. 2). Эффективность очистки воды по показателю ХПК за время эксперимента снизилась незначительно (на 6,2 %).

На рис. 3-4 видно, что характер изменения кривых цветности и ПО воды в фильтрате повторяет траекторию этих показателей в исходной воде. При этом значения цветности и ПО воды совпадают как в начальный, так и в конечный периоды экспериментов.

Из рис. 3-4 следует также, что эффективность очистки воды за период наблюдений по показателям цветности и ПО снижается на 31 и 33 % соответственно. По-видимому, это может быть связано с ухудшением сорбирующей способности ПАУ и, как следствие, необходимости его частичной замены в реакторе.

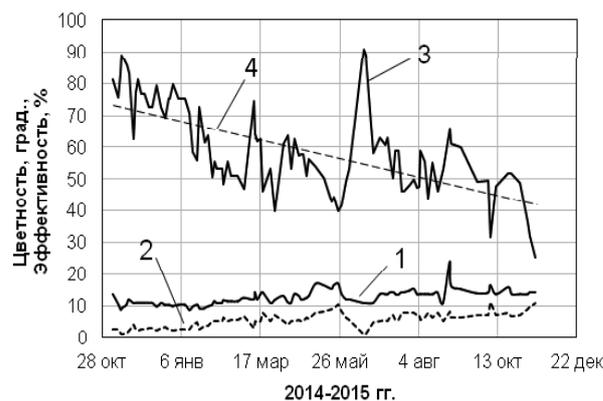


Рис. 3. Изменение концентраций цветности во времени и эффективность очистки:

1 – исходная вода; 2 – фильтрат; 3 – эффективность; 4 – линейная аппроксимация эффективности

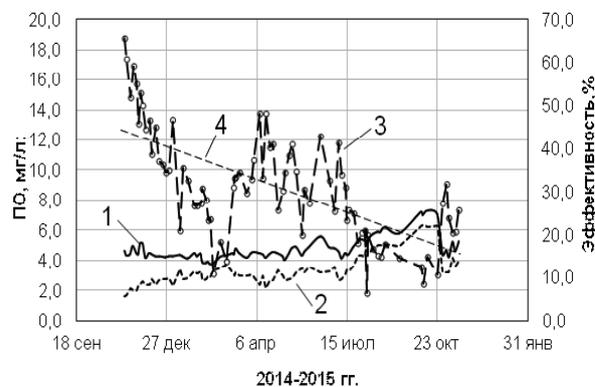


Рис. 4. Изменение концентраций ПО во времени и эффективность очистки:

1 – исходная вода; 2 – фильтрат; 3 – эффективность; 4 – линейная аппроксимация эффективности

В ходе проведения экспериментов плоскорукавные мембраны показали высокую эффективность удаления взвешенных веществ. Мутность сырой воды за период исследований была в пределах 0,7-8,2 мг/л, в фильтрате – отсутствовала.

Применение БМР с плоскими мембранными элементами для очистки донской воды обеспечивало снижение показателей ХПК, цветности и ПО в течение длительного периода его эксплуатации.

Представленные результаты дают основания для проведения дальнейших работ как по совершенствованию конструкций пилотной установки, так и изменению технологии очистки воды в БМР. Это касается в первую очередь оптимизации распределения воздуха в объеме реактора, контроля за эффективностью сорбции угля, его гранулометрического состава и условий регенерации мембран.

Использование метода БМР позволяет снизить концентрацию органических соединений, а следова-

тельно, уменьшить образование токсичных хлор- и броморганических соединений при последующем хлорировании.

Выводы. В работе представлены результаты использования БМР для обработки воды реки Дон. Установлено, что эффект очистки воды по показателям: ХПК, цветность, ПО и мутность составляет в среднем 44,4; 58; 31,2 и 100 % соответственно.

Полученные результаты дают основание для широкого применения БМР с целью улучшения очистки природных вод от взвешенных и органических соединений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биосорбционно-мембранная технология для предотвращения образования хлор- и броморганических соединений в воде р. Дон / В.Н. Швецов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 2. С. 7–13.
2. Стрелков А.К., Атанов Н.А., Быкова П.Г. Выбор фильтрующего материала для водопроводных очистных сооружений // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №9–2. С. 13–16.
3. Стрелков А.К., Быков Д.Е., Назаров А.В. Изучение коагулирующей способности водных растворов полигидроксиоксидов алюминия // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. №3. С. 23–25.
4. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение проектирование систем и сооружений. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. 495 с.
5. Медленные фильтры. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Медленные_фильтры (дата обращения: 02.12.2015).

Об авторе:

ВЕРГУНОВ Алексей Игоревич

аспирант кафедры водного хозяйства, инженерных сетей и защиты окружающей среды
Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова
346428, Россия, Ростовская область, г. Новочеркасск,
ул. Просвещения, 132,
тел. 8-951-510-80-09
E-mail: vergunov_al@mail.ru

6. Смирнова И.И. Исследование процесса очистки природных вод биосорбционно-мембранным методом: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.04. М., 2009. 113 с.

7. Поляков А.М., Видякин М.Н. Рынок оборудования для технологии мембранного биореактора [Электронный ресурс] // Сантехника. 2009. №4. Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4395 (дата обращения: 02.12.2015).

8. Поляков А.М., Соловьев С.А., Видякин М.Н. Технология мембранного биореактора (МБР) для очистки природных и сточных вод // Критические технологии. Мембраны. 2008. № 3. С. 39–41.

9. Технологии очистки сточных вод с использованием мембранных биореакторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5427 (дата обращения: 02.12.2015).

10. Очистка природных вод биосорбционно-мембранным методом / В.Н. Швецов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. № 11. С. 24–28.

11. Швецов В.Н., Морозова К.М., Смирнова И.И. Развитие биомембранных технологий очистки природных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 9. С. 64–70.

12. Хлор- и броморганические соединения в питьевой воде: методы их удаления / В.Н. Швецов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 2. С. 30–35.

13. Департамент природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mosecom.ru/water/fact/2015/1kv/index.php> (дата обращения: 02.12.2015).

14. Алексин О.А. Основы гидрохимии. Л.: 2-я типолитография Гидрометеоздата, 1953. 294 с.

VERGUNOV Aleksey I.

Post-graduate student of the Department of Water Sector Utilities and Environmental Protection
South-Russian State Technical University named after M.I. Platov
346428, Russia, Rostov Region, Novocherkassk,
Prosvesheniya st., 132,
tel. 8-951-510-80-09
E-mail: vergunov_al@mail.ru

Для цитирования: Вергунов А.И. Биосорбционно-мембранная технология очистки донской воды // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №2(23). С. 23–26. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.5.

For citation: Vergunov A.I. Organic sorption-membrane technology of don waters clean // Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture. 2016. №2(23). Pp. 23–26. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.5.

* * *

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

ПОДПИСАТЬСЯ НА ВТОРОЕ ПОЛУГОДИЕ 2016 г. НА ЖУРНАЛ
«ВЕСТНИК СГАСУ. ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»
МОЖНО ПО КАТАЛОГУ АГЕНТСТВА «РОСПЕЧАТЬ»
(ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 70570).