

УДК 676.017.22:531.71

ДУБОВЫЙ Владимир Климентьевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии бумаги и картона химико-технологического факультета Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Автор 200 научных публикаций, в т. ч. 4 монографии и 10 учебных пособий

ГЕЛЬФАНД Ефим Дмитриевич, доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии института теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 300 научных публикаций, в т. ч. 6 монографий и 19 учебных пособий

БЕЗЛАКОВСКИЙ Антон Игоревич, кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «Новгородский завод стекловолокна». Автор 30 научных публикаций, в т. ч. одной монографии

РУСАНОВА Наталья Олеговна, младший научный сотрудник лаборатории химии растительных биополимеров Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск)

СЫСОЕВА Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажных производств института теоретической и прикладной химии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 60 научных публикаций, в т. ч. одной монографии и двух учебных пособий

БРОВКО Ольга Степановна, кандидат химических наук, доцент лаборатории химии растительных биополимеров Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 100 научных публикаций, в т. ч. двух монографий и одного учебного пособия

ОЦЕНКА ФИЛЬТРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН

В работе проведена оценка фильтрующей способности материала на основе стеклянных волокон, используемого для очистки воды. Показана возможность удаления растворенных в воде загрязнений за счет их сорбции на волокне.

Ключевые слова: стеклянные волокна, очистка воды, перманганатная окисляемость, фильтрующая способность.

Введение. Стекланные волокна и материалы на их основе широко используются для удаления взвешенных частиц из жидких сред методом фильтрации. Отличительной особенностью стекланных волокон является отсутствие их набухания в жидкой среде, что способствует сохранению постоянства размеров пор в фильтре из стекланных волокон и как следствие повышению эффективности процесса очистки.

Однако информация о сорбционных свойствах стекланных волокон практически отсутствует в открытой печати [1–3]. Ранее проведенные авторами исследования послужили основанием для проверки возможности использования стекланных волокон при очистке воды от растворенных загрязнений. Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Несмотря на все многообразие различных материалов, пригодных для фильтрации и очистки воды, вопросы получения воды, пригодной для питья в отдаленных районах, сегодня очень актуальны. Например, на дачных участках, при туризме и других видах отдыха, не всегда есть возможность брать с собой достаточное количество чистой воды (особенно

при длительном пребывании вдали от источников чистой воды). В этих случаях, чаще используют для питья кипяченую речную воду, не удовлетворяющую требованиям к качеству, в первую очередь по содержанию химических веществ. Поэтому поиск материала, отличающегося легкостью, экономичностью, компактностью и высокой сорбционной емкостью представляется актуальным.

Объекты и методы исследований. В качестве объекта исследования использовали воду из реки Северная Двина. В исследованиях за основу были взяты требования к качеству питьевой воды принятые СанПиН 2.1.4.1175-02 [5]. Степень очистки речной воды контролировали по химическим показателям, представленным в *таблице 1*. Дополнительно контролировали качество воды, по содержанию алюминия во всех пробах, в соответствии с природоохранными нормативными документами (ПНД Ф 14.1:2:4.161-2000) [4].

Содержание соединений хлора в исследуемый период даже в исходной воде не превышал регламентированного уровня, поэтому данный показатель не контролировали в ходе исследования и исключили из *таблицы 1*. Отметим

Таблица 1

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПО САНПИН 2.1.4.1175-02

Химические показатели	Норматив	Метод определения
Перманганатная окисляемость, мг/л	в пределах 5–7	ПНД Ф 14.1:2:4.154-99
Общая жесткость, мг·эquiv/л	в пределах 7–10	По ГОСТ 4151-72
*Алюминий остаточный (Al), мг/дм ³	не более 0,5	ПНД Ф 14.1:2:4.161-2000
Водородный показатель, pH	в пределах 6–9	pH-метр любой модели со стекланным электродом, погрешность не более 0,1 pH
Общая минерализация, мг/л	в пределах 1000–1500	По ГОСТ 13273-88
Хлориды, мг/л	не более 350	По ГОСТ 4245-72
Сульфаты, мг/л	не более 500	По ГОСТ 4389-72

* – не нормируется СанПиН

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ФАКТОРОВ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ РЕЧНОЙ ВОДЫ

Переменные факторы процесса фильтрования	Показатели качества воды				
	Перманганатная окисляемость, мг/л	Соединения алюминия, мг/дм ³	Общая жесткость, мл-экв/л	Оптическая плотность	Водородный показатель рН
Скорость протока, 19,2 мл/г·мин	6,3	0,061±0,028	1,8	0,050	6,5
Поверхностная плотность материала, 0,08 г/см ²	5,2	0,057±0,028	1,7	0,047	6,6
Объемная плотность материала, 12 кг/м ³	6,4	0,082±0,028	1,7	0,049	7,0
Исходная вода	19,6	0,398	3,2	0,450	5,8–6,0

также, что органолептические и микробиологические характеристики качества воды в работе не оценивали.

Авторами была исследована фильтрующая способность материалов на основе стеклянных волокон различных марок. В *таблице 2* представлены результаты испытаний по одной из исследуемых марок.

Обсуждаемые ниже результаты прошли статистическую оценку в соответствии с нормативными положениями действующих стандартов ИСО 2854:1976 и ГОСТ Р 50779.21-2004.

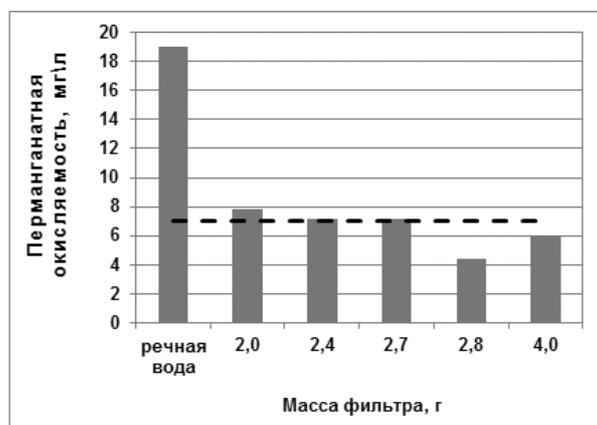
Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследований нами был установлен минимальный уровень навески стеклянных волокон для фильтрующего слоя, позволяющей очищать воду до уровня, гарантирующего качество СанПиН по показателям перманганатной окисляемости, а также оптической плотности ($\lambda = 440$ нм), косвенно оценивающей цветность воды до и после очистки (см. *рисунок*). Так масса фильтрующего материала не менее 2,8 г позволяет снизить показатель перманганатной окисляемости до нормированного уровня значений по СанПиН. При этом сорбционной емкости одного фильтра хватает для очистки 1 л

воды удовлетворяющей требованиям качества СанПиН по всем контролируемым показателям.

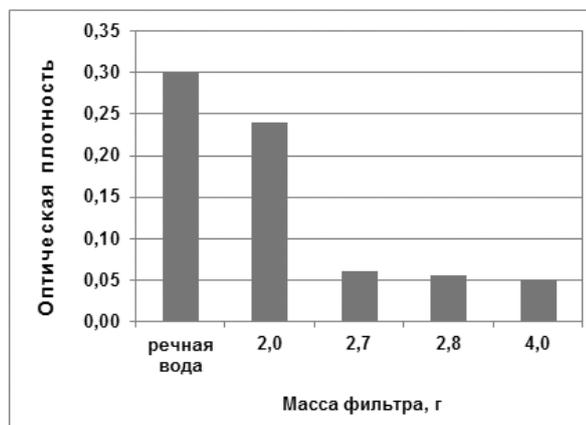
Для оценки влияния переменных факторов и оптимизации процесса фильтрования варьировали: скорость фильтрации воды (мл/мин), активную площадь поверхности волокна (м²/г), поверхностную плотность волокна (г/см²) и объемную плотность фильтрующего материала (кг/м³).

После исследования первых проб были подтверждены теоретические представления и полученные ранее данные. Искусственное повышение плотности материала, снижение высоты слоя фильтрации, а также снижение активной площади поверхности дают нестабильные неудовлетворительные результаты по одному из основных показателей качества очистки воды – перманганатной окисляемости.

Замедление скорости фильтрации напротив позволило повысить эффективность процесса очистки, что закономерно и объясняется повышением времени взаимодействия растворенных в воде соединений с гидрофильной поверхностью волокна, т. е. процессы сорбции идут лучше.



а



б

Влияние массы фильтровального материала на перманганатную окисляемость (а) и оптическую плотность (б)

Проведенные исследования позволили выделить несколько режимов, позволяющих получать фильтраты, удовлетворяющие требованиям СанПиН, некоторые из полученных данных представлены в *таблице 2*. Для более наглядного представления эффективной работы фильтра, представленные в *таблице 2* данные сравниваются с характеристиками исходной неочищенной речной воды.

После определения оптимальных условий очистки природной воды необходимо было определить удельный объем воды, очищаемый одной пробой волокна. Для достоверности полученных данных очистку речной воды проводили по режиму, показавшему среднюю эффективность процесса фильтрации. Качество фильтрата контролировали по перманганатной окисляемости, как наиболее чувствительному показателю. Удельный объем фильтрата составил 1000 мл/г фильтровального материала. При этом перманганатная окисляемость оставалась на одном уровне даже при увеличении объема

пропускаемого через материал фильтрата, это свидетельствует о том, что реальная сорбционная емкость такого фильтра много больше.

Заключение. Таким образом, экспериментально была подтверждена высокая фильтрующая способность стеклянных волокон при очистке воды от растворенных загрязнений за счет их сорбции. Показана эффективность использования объемного материала из стеклянных волокон, скрепленных между собой силами естественного (поверхностного) сцепления в качестве средства, для очистки воды. Данный материал совершенно не токсичен, экологически безопасен, не имеет запаха, выпускается в промышленных масштабах, что является несомненным преимуществом.

По результатам исследований были установлены оптимальные условия процесса фильтрации, выработаны режимы для достижения степени очистки воды до нормируемого уровня значений по химическим показателям. Полученные данные использованы в патентной заявке.

Список литературы

1. Дубовый В.К. Стекловолоконные волокна. Свойства и применение. СПб., 2003.
2. Зак А.Ф. Физико-химические свойства стеклянного волокна. М., 1962.
3. Канарский А.В. Фильтровальные виды картона для промышленных технологических процессов. М., 1991.

4. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации алюминия в пробах питьевых, природных и сточных вод. ПНД Ф 14.1;2;4.161-2000. М., 2000.

5. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. СанПиН 2.1.4.1175-02: утв. гл. гос. санитар. врачом РФ 17.11.02. Введ. в действие: 01.03.03. Санитарная охрана источников. Минздрав России. М., 2003.

References

1. Dubovyy V.K. *Steklyannye volokna. Svoystva i primeneniye* [Fiberglass. Properties and Use]. St. Petersburg, 2003. 130 p.

2. Zak A.F. *Fiziko-khimicheskie svoystva steklyannogo volokna* [Physical and Chemical Properties of Fiberglass]. Moscow, 1962. 140 p.

3. Kanarskiy A.V. *Fil'troval'nye vidy kartona dlya promyshlennykh tekhnologicheskikh protsessov* [Filter Types of Cardboard for Technological Processes]. Moscow, 1991. 272 p.

4. *Kolichestvennyy khimicheskiy analiz vod. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii alyuminiya v probakh pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vod. PND F 14.1;2;4.161-2000* [Quantitative Chemical Analysis of Water. Method of Measurement of Aluminum Mass Concentration in Drinking Water Samples, Natural Water and Wastewater. Federal Environmental Regulation 14.1;2;4.161-2000]. Moscow, 2000.

5. *SanPiN 2.1.4.1175-02. Sanitarnaya okhrana istochnikov* [Sanitary Regulations and Standards 2.1.4.1175-02. Sanitary Protection of Water Sources]. Moscow, 2003. Hygiene Requirements for quality of Water from Noncentralized Water Supply Systems.

Dubovy Vladimir Klimentyevich

Faculty for Chemistry and Technology,
Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers (St. Petersburg, Russia)

Gelfand Efim Dmitrievich

Institute of Theoretical and Applied Chemistry, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russia)

Bezlakovskiy Anton Igorevich

JSC "Novgorod Glass Fiber Plant" (Veliky Novgorod, Russia)

Rusanova Natalya Olegovna

Institute of Ecological Problems of the North,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

Sysoeva Natalya Vladimirovna

Institute of Theoretical and Applied Chemistry, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russia)

Brovko Olga Stepanovna

Institute of Ecological Problems of the North,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

ASSESSMENT OF FILTERABILITY OF FIBERGLASS-BASED MATERIAL

The paper analyzes filterability of fiberglass-based material used for water treatment. The possibility of removing dissolved contaminants through their sorption on the fiber was shown.

Keywords: fiberglass, water treatment, permanganate oxidation, filterability.

Контактная информация:

Дубовый Владимир Климентьевич

адрес: 198095, г. Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д. 4

e-mail: dubovy2004@mail.ru

Безлаковский Антон Игоревич

адрес: 173011, г. Великий Новгород, ул. Восточная, д. 15

e-mail: nzs_v_mrk@mail.ru

Русанова Наталья Олеговна

адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23

e-mail: natalia-shonya@yandex.ru

Сысоева Наталья Владимировна

адрес: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17

e-mail: n.sisoeva@narfu.ru

Гельфанд Ефим Дмитриевич

адрес: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17

e-mail: e.gelfand@narfu.ru

Бровко Ольга Степанова

адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23

e-mail: brovko-olga@rambler.ru

Рецензент – Смолин А.С., доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии бумаги и картона химико-технологического факультета Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров