

УДК 628.161

Очистка торфяных грунтовых вод методом ультрафильтрации и ионного обмена

А. М. Колбиков¹, О. К. Суворова², А. А. Федосеенко²

¹ Индивидуальный предприниматель

² Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Колбиков А. М., Суворова О. К., Федосеенко А. А. Очистка торфяных грунтовых вод методом ультрафильтрации и ионного обмена // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 3. С. 569–574. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-569-574

Аннотация

Цель: оценка эффективности очистки торфяных грунтовых вод сочетанием двух методов ультрафильтрации и ионного обмена. Выявление специфических характеристик исходного состава торфяных или грунтовых вод, определение предполагаемых возможных методов очистки данных вод для обеспечения соблюдения требований СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» к качеству питьевой воды. Определение перечня показателей состава, по которым требуется очистка. Оценка методов очистки сточных вод, используемых для очистки торфяных грунтовых вод. Проведение исследования состава очищенной грунтовой воды до и после очистки, определение эффективности используемых методов очистки по различным показателям. Определение концентраций компонентов состава грунтовой воды с использованием утвержденных методик в соответствии с ГОСТ Р 5716-2010 п.5; ГОСТ Р 57164-2010 п.6; ПНД Ф 14.1.2:4.207-04; ПНД Ф 14.1.2:3:4.121-97; ПНД Ф 14.1.2:4.114-97; ГОСТ 31594-2012 Метод А; ПНД Ф 14.1.2:4.50-96; ПНД Ф 14.1.2:3:4.111-97; ПНД Ф 14.1.2:3:4.111-97; ПНД Ф 14.1.2:3.154-99; ПНД Ф 14.1.2:3:4.123-97; ГОСТ 31859-2012; ПНД Ф 14.1.2:3:4.4-95; ГОСТ 31940-2012 п.6; ПНД Ф 14.1.2:4.178-02; ПНД Ф 14.1.2:4.214-06. Анализ полученных данных о составе торфяных грунтовых вод до и после очистки, определение эффективности методов ультрафильтрации и ионного обмена. Оценка результатов выполненных исследований эффективности очистки торфяных грунтовых вод с использованием методов ультрафильтрации и ионного обмена для оценки на соответствие качества очищенных грунтовых вод требованиям, установленным СанПиН 2.1.3684-21. **Практическая значимость:** полученные результаты выполненных исследований эффективности очистки торфяных грунтовых вод с использованием методов ультрафильтрации и ионного обмена свидетельствуют о возможности использования данных методов, так как они обеспечивают соответствие качества воды требованиям СанПиН 2.1.3684-21.

Ключевые слова: грунтовые воды, торфяные воды, метод ультрафильтрации и метод ионного обмена, эффективность очистки, концентрации компонентов состава грунтовой воды

В системе водоснабжения объектов инфраструктуры РЖД важную роль может играть использование для питьевого водоснабжения очищенных грунтовых вод, включая торфяные воды. Обеспечение соблюдения нормативных

гигиенических требований к качеству торфяных природных вод является сложной задачей, что определяется исходным составом данных вод, которые характеризуются повышенными значениями таких показателей, как ХПК, БПК,

цветность, мутность, взвешенные вещества, железо. Как правило, данные грунтовые воды имеют желтый или коричневый цвет.

Качественный и количественный состав природных грунтовых вод определяется как региональными особенностями, так и свойствами почвогрунтов, в которых они залегают. Болотные воды характеризуются высоким содержанием органических веществ гумусовой природы, низким содержанием растворенного кислорода, имеют низкую минерализацию.

Как правило, качество болотных вод не соответствует гигиеническим требованиям, предъявляемым к составу питьевой воды. Это связано с высоким содержанием гуминовых кислот, взвешенных веществ, а также высоким содержанием железа, марганца и других элементов.

По результатам исследований в болотных водах выявлено повышенное содержание ионов железа, показателя бихроматной окисляемости, взвешенных веществ, в том числе гуминовых кислот, фульвиоокислот [1]. Кроме того, торфяные грунтовые воды зачастую характеризуются такими органолептическими показателями, как желтый цвет и выраженный неприятный запах. Содержание вышеназванных ингредиентов в грунтовой воде требует применения различных технологических процессов и, соответственно, систем для обеспечения нормативных требований к качеству грунтовой воды для использования в хозяйственно-питьевом водоснабжении. Использование ступенчатой системы очистки воды с использованием различных установок и фильтров делает очистку достаточно сложным процессом и приводит к значительному ее удорожанию.

Для удаления взвешенных веществ и гуминовых кислот применяется система фильтрации, для окисления железа — система аэрации, угольные фильтры используются для удаления запаха и т. д. [2, 3].

Иногда для очистки торфяной воды используют систему напорной коагуляции с применением осадочных колонн с управляющим клапаном, колонн с ионообменными смолами [4].

Большинство используемых методов очистки торфяных вод являются либо неэффективными, либо очень дорогими и требующими дополнительного применения реагентов.

В настоящей работе проведены исследования эффективности очистки грунтовых вод на торфянике методом, включающим последовательные процессы: ультрафильтрацию и использование метода ионного обмена.

Применение предлагаемого комплекса очистки предусматривается для источников, в которых преобладают коллоидные органические соединения, железо, в зависимости от региона, а также соли жесткости.

Ультрафильтрационные погружные модули (УФПМ) можно устанавливать непосредственно в колодец либо в первичный накопитель.

Первый этап очистки осуществляется при прохождении через ультрафильтрационную (УФ) мембрану, произведенную в государственном научном учреждении «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси». В качестве материала для УФПМ используются ультрафильтрационные полволоконистые волокна ПАН-100 (длина пучка — 600 мм). Полые волокна представляют собой ультрафильтрационную мембрану. Они изготовлены из сополимера акрилонитрила и предназначены для тонкой очистки питьевой воды от коллоидных частиц, железа (III), удаления бактерий, вирусов и водорастворимых полимеров с молекулярной массой более 100 кДа в составе специального устройства (фильтрующего элемента). При сильном загрязнении мембран и падении производительности по воде необходимо произвести обработку мембраны регенерирующим

раствором. Производительность мембраны по дистиллированной воде при 0,1 Мпа и 25 °С составляет не менее 230–450 л/м²/ч.

Использование УФПМ позволяет удалять из воды взвешенные вещества, окисленные формы железа, крупные коллоидные частицы, а также вирусы и бактерии. Самовсасывающий насос создает необходимый перепад давления для работы мембранных фильтров.

После очистки на УФПМ вода поступает на следующую стадию очистки с использованием метода ионного обмена (ионообменный фильтр «Гейзер»). Очистка воды на ионообменных фильтрах позволяет удалить из грунтовой воды такие вещества, как ионы тяжелых металлов, растворенные органические соединения, соли жесткости, гуминовые кислоты.

Далее предлагаемая схема очистки воды предусматривает ее очистку с использованием угольного фильтра, что позволяет обеспечить нормативные значения таких показателей, как вкус и запах.

Электромагнитный клапан обеспечивает подачу воды из накопителя при автоматической промывке ионообменной системы. Ионообменные свойства смол восстанавливаются за счет промывки раствором хлорида натрия.

В ходе настоящей работы были проведены исследования для определения концентраций основных показателей качества воды до и после ее очистки в лаборатории «АСТ-Аналитика» (аттестат аккредитации RA.RU.21AK10).

На рис. 1 представлена схема установки для очистки грунтовых вод, используемая в данной работе.

В табл. 1 представлены результаты исследований состава грунтовых вод до и после их очистки методом ультрафильтрации и ионного обмена.

В ходе проведенных исследований выявлены превышения предельно допустимых концентраций таких показателей, как вкус, привкус, цветность, железо, перманганатная окисляемость, БПК₅.

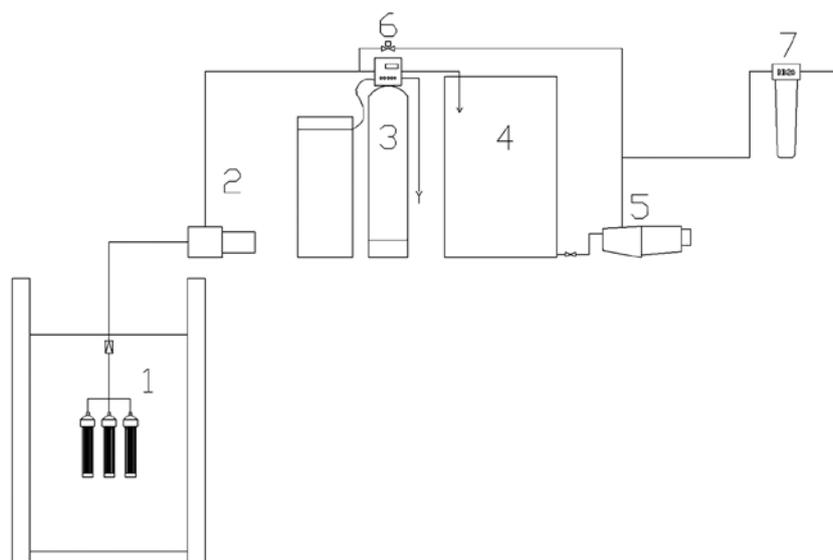


Рис. 1. Схема установки водоочистки: 1 — ультрафильтрационные погружные модули (УФПМ); 2 — самовсасывающий насос; 3 — ионообменная система; 4 — накопительная емкость; 5 — насосная станция; 6 — электромагнитный клапан; 7 — угольный фильтр

ТАБЛИЦА 1. Концентрации загрязняющих веществ в торфяной грунтовой воде методом ультрафильтрации с использованием ионообменных фильтров

№	Определяемый показатель	МВИ	Единицы измерения	До очистки	После очистки	ПДК
1	Запах при 20 °С	ГОСТ Р 57164-2010 п.5	балл, характер	1	1	2
2	Запах при 60 °С	ГОСТ Р 57164-2010 п.5	балл, характер	1	1	2
3	Вкус, привкус	ГОСТ Р 57164-2010 п.5	балл, характер	7	7	2
4	Мутность	ГОСТ Р 57164-2010 п.6	ЕМФ	1,856	<10,0	2,6
5	Цветность	ПНД Ф 14.1.2:4.207-04	градус	103,034	14,624	20
6	рН	ПНД Ф 14.1.2:3:4.121-97	ед. рН	7,68	7,13	6,0–9,0
7	Сухой остаток	ПНД Ф 14.1.2:4.114-97	мг/дм ³	92,59	564,81	1000
8	Жесткость общая	ГОСТ 31594-2012 Метод А	град Ж	2,653	0,020	7,0
9	Железо общее	ПНД Ф 14.1.2:4.50-96	мг/дм ³	0,8603	—	0,3
10	Хлориды	ПНД Ф 14.1.2:3:4.111-97	мг/дм ³	3,9	74,6	350
11	Перманганатная окисляемость	ПНД Ф 14.1.2:3:4.111-97	мг О ₂ / дм ³	6,17	0,7	5
12	Нефтепродукты	ПНД Ф 14.1.2:3.154-99	мг/дм ³	<0,04	—	0,1
13	БПК ₅	ПНД Ф 14.1.2:3:4.123-97	мг О ₂ / дм ³	6,17	0,7	3
14	ХПК	ГОСТ 31859-2012	мг/дм ³	9,5	< 5	15
15	Нитраты	ПНД Ф 14.1.2:3:4.4-95	мг/дм ³	2,4	—	45
16	Сульфат-ион	ГОСТ 31940-2012 п.6	мг/дм ³	15,9	—	500
17	Сероводород	ПНД Ф 14.1.2:4.178-02	мг/дм ³	—	—	0,003
18	Цинк	ПНД Ф 14.1.2:4.214-06	мг/дм ³	0,0219	0,0115	5,0

По результатам проведенных исследований качества воды до и после очистки установлена высокая эффективность предлагаемой системы очистки по следующим показателям: цветность (86%); жесткость общая (99%); железо общее (100%); перманганатная окисляемость (89%); БПК₅ (89%); ХПК (89%).

Увеличение после очистки концентрации хлоридов и сухого остатка связано с использованием таблетированной соли для регенерации ионита.

Установлено, что очищенная вода по составу соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям к качеству воды питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, установленным СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологиче-

ские требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» [5].

Библиографический список

1. Химический состав вод торфяно-болотных экосистем горного Алтая / М.В. Шурова и [др.] // Вестник ТГПУ. 2009. Вып. 3 (81).
2. Молодкина Л.М. Методы очистки питьевых, природных и сточных вод: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 275 с.

3. Софинская О.С. Водозаборные сооружения: учебно-методический комплекс для студентов специальности 1–70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов». Новополюцк: ПГУ, 2014. 264 с.

4. Свиридова Е.В. Возможности применения новых эффективных технологий очистки маломутных цветных вод до питьевого качества на примере города Котласа // Наука сегодня. Глобальные вызовы и механизмы развития: материалы Международной научно-практической конференции (Вологда, 24 апреля 2019 г.). Вологда: Маркер, 2019. С. 6–7.

5. СанПиН 2.1.3684-21. «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению

населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

Дата поступления: 29.07.2024

Решение о публикации: 29.08.2024

Контактная информация:

СУВОРОВА Ольга Константиновна — канд. ф.-м. наук, доцент; suolko@gmail.com

КОЛБИКОВ Александр Михайлович — индивидуальный предприниматель; kolbikov@yandex.ru

ФЕДОСЕЕНКО Анастасия Алексеевна — доцент; aa.fedoseenko@mail.ru

Purification of peat groundwater by ultrafiltration and membrane purification

A. M. Kolbikov¹, O. K. Suvorova², A. A. Fedoseenko²

¹ Individual entrepreneur

² Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: Kolbikov A. M., Suvorova O. K., Fedoseenko A. A. Purification of peat groundwater by ultrafiltration and membrane purification // Proceedings of Petersburg Transport University. 2024. Vol. 21, iss. 3. P. 569–574. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-569-574

Abstract

Purpose: assessing the effectiveness of peat groundwater purification using a combination of two methods of ultrafiltration and membrane purification. Identify specific characteristics of the composition of peat or groundwater, determine possible possible methods of treating these waters to ensure compliance with the requirements of SanPiN 2.1.3684–21 “Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply to the population, atmospheric air, soil, residential premises, operation of industrial and public premises, organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures” to the quality of drinking water. Determine the list of composition indicators that require cleaning. Conduct an assessment of wastewater treatment methods used to treat peat groundwater. Togo, Conduct research on the composition of purified groundwater before and after treatment, determine the effectiveness of the treatment methods used according to various indicators. Determination of the concentrations of groundwater composition components was carried out using approved methods in accordance with GOST R 57164-2010 clause 5; GOST R 57164-2010 clause 6; PND F 14.1.2:4.207-04; PND F 14.1.2:3:4.121-97; PND F 14.1.2:4.114-97;

GOST 31594-2012 Method A; PND F 14.1.2:4.50-96; PND F 14.1.2:3:4.111-97; PND F 14.1.2:3:4.111-97; PND F 14.1.2:3:154-99; PND F 14.1.2:3:4.123-97; GOST 31859-2012; PND F 14.1.2:3:4.4-95; GOST 31940-2012 clause 6; PND F 14.1.2:4.178-02; PND F 14.1.2:4.214-06. An analysis of the results of laboratory studies of the composition of peat groundwater before and after treatment was carried out, and the effectiveness of ultrafiltration and membrane water purification methods was determined. The results of studies of the effectiveness of purification of peat groundwater using ultrafiltration and membrane purification methods show that purified groundwater meets the sanitary and epidemiological requirements for the quality of drinking and domestic water supply established by SanPiN 2.1.3684-21. **Practical significance:** the results obtained from studies of the effectiveness of peat groundwater treatment using ultrafiltration and membrane treatment methods indicate the possibility of using these methods, because they ensure that water quality meets the requirements of SanPiN 2.1.3684-21.

Keywords: ultrafiltration method and membrane groundwater purification method, efficiency of groundwater treatment, concentrations of groundwater composition components

References

1. Ximicheskij sostav vod torfyano-bolotny`x e`o-sistem gornogo Altaya / M. V. Shurova i [dr.] // Vestnik TGPU. 2009. Vy`p. 3 (81). (In Russian)

2. Molodkina L. M. Metody` ochildki pit`evy`x, prirodny`x i stochny`x vod: uchebnoe posobie. SPb.: Izd-vo Politexn. un-ta, 2010. 275 s. (In Russian)

3. Sofinskaya O. S. Vodozaborny`e sooruzheniya: uchebno-metodicheskij kompleks dlya studentov special`nosti 1–70 04 03 “Vodosnabzhenie, vodootvedenie i oxrana vodny`x resursov”. Novopoloczk: PGU, 2014. 264 s. (In Russian)

4. Sviridova E. V. Vozmozhnosti primeneniya novy`x e`ffektivny`x tehnologij ochildki malomutny`x czvetny`x vod do pit`evogo kachestva na primere goroda Kotlasa // Nauka segodnya. Global`ny`e vy`zovy` i mexanizmy` razvitiya: materialy` Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Vologda, 24 aprelya 2019 g.). Vologda: Marker, 2019. S. 6–7. (In Russian)

5. SanPiN 2.1.3684-21. “Sanitarno-e`pidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territorij gorodskix i sel`skix poselenij, k vodny`m ob`ektam, pit`evoj vode i pit`evomu vodosnabzheniyu naseleniya, atmosfernomu vozduxu, pochvam, zhily`m pomeshheniyam, e`kspluatacii proizvodstvenny`x, obshhestvenny`x pomeshhenij, organizacii i provedeniyu sanitarno-protivoe`pidemicheskix (profilakticheskix) meropriyatij”. (In Russian)

Received: 29.07.2024

Accepted: 29.08.2024

Author’s information:

Olga K. SUVOROVA — PhD, Associate Professor; suolko@gmail.com

Alexander M. KOLBIKOV — Individual Entrepreneur; kolbikov@yandex.ru

Anastasia A. FEDOSEENKO — Associate Professor; aa.fedoseenko@mail.ru