

УДК 628.316.13

**Ю. Ю. Юрьев, Д. А. Жиборкин, С. Ю. Жумаев, А. А. Куцуба, В. Д. Самарцев,
Е. В. Тулякова**

Волгоградский государственный технический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Исследованы технологические аспекты повышения эффективности очистки сточных вод с использованием материалов и вторичного сырья, полученных в результате производства синтетических полимеров. Основное внимание уделено разработке технологического процесса на основе применения сорбентов из отходов производства алюминия и переработки нефти для улучшения качества питьевой воды и очистки сточных вод. Исследована структура твердых материалов и их свойства, зависящие от взаимного расположения атомов в кристаллической решетке. Выявлено, что свойства материалов значительно изменяются в зависимости от количества атомов в решетке, что имеет важное значение для разработки новых материалов для эффективной очистки сточных вод. Работа представляет интерес для специалистов в области экологии, химической технологии и водоочистки

Ключевые слова: очистка сточных вод, синтетические полимеры, наноматериалы, сорбенты, вторичное сырье, алюминий, нефть, структура материалов, свойства материалов, экология, химическая технология.

Введение

В настоящее время проблема очистки сточных вод (СВ) от различных загрязнений становится все более актуальной. Предлагаемое исследование направлено на поиск путей более высокой степени очистки СВ.

Целью работы является изучение возможности использования ряда вторичных материалов в разработке новых методов получения чистой воды. Благодаря уникальным свойствам наноматериалов применение их в процессе очистки СВ открывает новые перспективы, позволяющие эффективно удалять такие загрязнители как нефтепродукты, хлорорганические соединения, тяжелые металлы, поверхностно-активные вещества и др.

Вторичные материалы, полученные в результате производства синтетических полимеров, представляют ценный ресурс для создания новых сорбентов. В рамках исследования разработан технологический процесс, основанный на применении сорбентов, полученных из отходов производства алюминия и переработки нефти.

Передовые методы изучения структуры твердых материалов и их свойств, включая анализ взаимного расположения атомов в кристаллической решетке, позволили оптимизировать состав сорбентов, повысить их адсорбционную способность и разработать новые материалы для очистки СВ.

За счет термообработки и обработки хлорной медью трансформирована палыгорскит-монтмориллонитовая глина [1—3] в мощный сорбент, обладающий высокой адсорбционной способностью к хлорпроизводным органическим веществам и повышенной сорбционной емкостью по отношению к катионно-активным и неионогенным ПАВ.

Основная часть

В рамках данного исследования разработан технологический процесс очистки СВ от разнообразных загрязнений, улучшающий качества получаемой воды, делая ее пригодной для различных целей. Ключевым аспектом исследования является использование нефтяных отходов в качестве основы для сорбционного материала.

Нефтяные отходы представляют собой комплексные многокомпонентные системы, состоящие из мелкодисперсных частиц серого цвета с высокой удельной поверхностью [4, 5]. Анализ химического состава, структуры и потенциальных свойств нефтяных отходов показал, что они содержат различные оксиды, в основном оксиды кремния и алюминия. Это делает их подходящими для использования в качестве основы для сорбционного материала, способного эффективно очищать СВ от нефтяных и масляных загрязнений [6—9].

Результаты исследования имеют важное значение как для развития новых методов очистки СВ с использованием устойчивых и эффективных материалов, основанных на вторичных ресурсах, так и для использования этих материалов в промышленных и коммунальных системах очистки воды.

Использование нефтяных отходов в качестве сорбента:

- позволяет сделать очистку СВ более экологичной и экономичной;
- приводит к значительным улучшениям в области охраны окружающей среды;
- обеспечивает доступ к чистой воде для населения.

Проведены комплексные физико-химические исследования для определения структурных и функциональных свойств нефтяного отхода и разработки специальных методов и подходов к его оптимизации. Полученные данные (табл. 1) открывают новые перспективы для использования нефтяных отходов в эффективных и экологически безопасных методах очистки СВ и снижения негативного воздействия промышленных выбросов на экосистему [9, 10]. В таблице 2 представлены физико-технические показатели фильтроперлита¹.

В рамках исследования оптимизирована технология получения сорбента из нефтеотходов с целью повышения его эффективности для очистки СВ от нефтепродуктов.

В качестве модификатора на наноуровне выбран пенополистирол [11]. Его преимущества обусловлены ориентированной структурой и наличием радикала —С₆Н₅ с выраженной гидрофобностью.

Процесс модификации состоит из следующих этапов:

- 1) растворение высокомолекулярного пенополистирола в ацетоне или смеси ацетона с метилтретбутиловым эфиром;
- 2) добавление при перемешивании к полученному раствору полимера отходов нефтепереработки;
- 3) нагревание смеси до определенной температуры с отгонкой растворителя под вакуумом;
- 4) охлаждение и сушка с образованием твердой смеси;
- 5) измельчение смеси для получения мелкодисперсного порошка.

¹ ГОСТ 30566—98. Порошок перлитовый фильтровальный. Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025280?ysclid=lxdac8i6hj942598497>.

Преимущества такой модификации включают:

- повышение сорбционной емкости;
- улучшение гидрофобности;
- регулирование свойств сорбента;
- расширение диапазона работы фильтров.

Таблица 1

*Физико-механические свойства отхода нефтепереработки
 до и после тепловой обработки*

Наименование показателя	Отход (без сушки)	Отход после высушивания при 25...30 °С в течение 600 мин	Отход после прокаливании при 100...120 °С в течение 160...200 мин	Отход после прокаливании при 500...600 °С в течение 200 мин
Насыпная плотность, кг/м ³	440...460	420	360	90...160
Размер частиц, мм	0...0,5	0...0,5	0...0,5	0...0,5
Массовая доля всплывающих в воде частиц, %	45...48	51...55	61...66	91...96
Массовая доля влаги, %, не более	1,0	1,0	1,0	1,0
Пористость, %	45...55	50...55	53...60	87...91
Нефтеемкость, кг/кг	0,9	1,3	1,6	5,8

Таблица 2

Физико-технические показатели фильтроперлита

Наименование показателя	Группа		
	А	Б	В
Насыпная плотность, кг/м ³	80...120	121...160	161...180
Массовая доля всплывающих в воде частиц, %, не более	11,0	12,0	15,0
Массовая доля влаги, %, не более	0,4	1,0	1,0
Массовая доля сухого остатка водной вытяжки после выпаривания, %, не более	0,5	1,0	1,0
Фильтрационная проницаемость по воде, дарси, не менее	1,0	0,5	0,5
Массовая доля остатка на сите с размером ячеек 0,14 мм, %, не более:			
мелкий зерновой состав		5	
крупный зерновой состав		15	

Исследования показали, что оптимальная концентрация полимера составляет 10...35 % массы. При этом дисперсность частиц существенно влияет на эффективность сорбента [12—16].

Полученный материал эффективно очищает СВ от нефтепродуктов, обладает разносторонними сорбционными свойствами и может быть использован в технологиях очистки воды.

Результаты исследования (рис. 1) подтверждают потенциал материала для очистки воды и открывают новые возможности для разработки сорбентов с улучшенными свойствами.

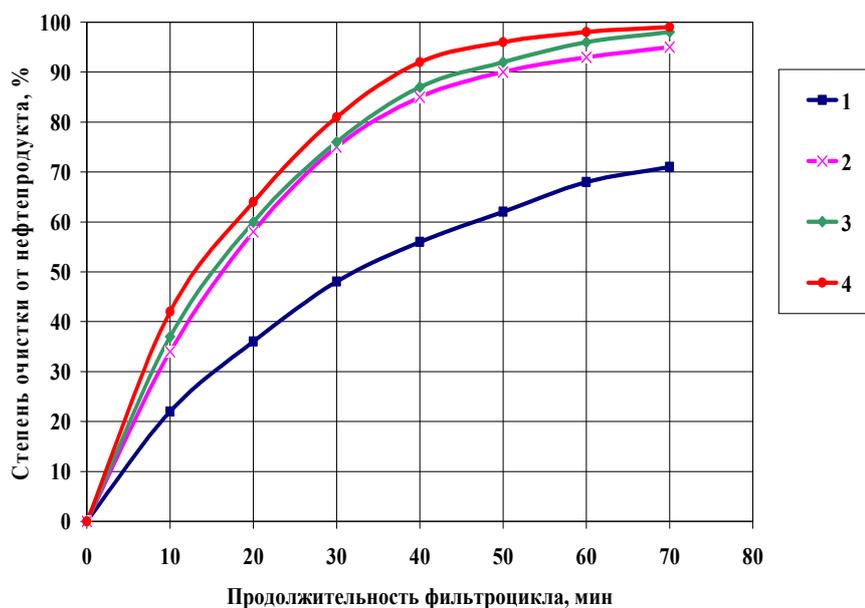


Рис. 1. Степень очистки воды от нефтепродуктов (%) после прохождения через слой фильтрующего материала (начальное содержание нефтепродуктов в воде — 100...150 мг/л); концентрация полимера в модифицирующем растворе, % масс: 1 — 0; 2 — 10; 3 — 20; 4 — 40

В результате исследования выяснено, что в процессе фильтрования при понижении температуры повышается эффективность удаления нефтепродуктов (рис. 2). Это можно объяснить повышением вязкости воды при низкой температуре, что способствует лучшей удерживающей способности для нефтепродуктов в процессе фильтрования. Таким образом, более высокая вязкость воды при низких температурах способствует более эффективному задерживанию и удалению нефтепродуктов и других загрязнений в процессе фильтрования.

В рамках данного исследования разработана математическая модель процесса очистки воды от нефтепродуктов с применением алюмосиликатного сорбента. При разработке и оптимизации сорбента на основе нефтеотходов создана статистическая модель для прогнозирования эффективности очистки воды от нефтепродуктов. Модель представляет собой уравнение, описывающее зависимость конечной концентрации нефтепродуктов после очистки (C) от различных параметров, включая начальную концентрацию нефтепродуктов в воде (C_0), удельный расход воды (V) и высоту фильтрующего слоя (H):

$$C = 0,91 \cdot (0,056 \cdot C_0)(0,32 - 0,28V + 0,13V^2 - 0,02V^3 + 0,001V^4)(185,55H - 1,088).$$

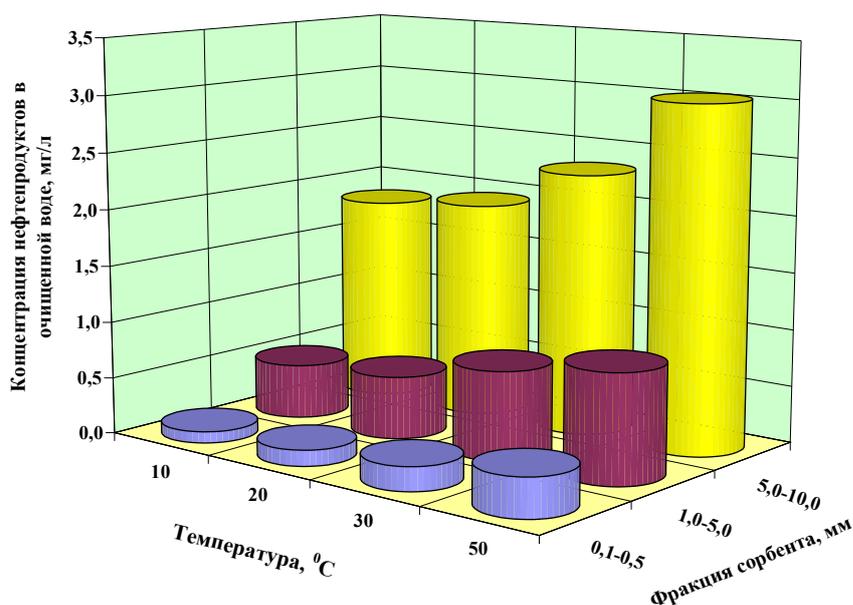


Рис. 2. Зависимость концентрации нефтепродуктов в отфильтрованной воде от температуры при использовании различных фракций сорбента

Выводы

Разработанная модель имеет важное значение для прогнозирования эффективности процесса очистки воды от нефтепродуктов и определения его оптимальных параметров. Предложенная модель может применяться при разработке и эксплуатации систем очистки воды на промышленных предприятиях, включая нефтеперерабатывающие заводы, автомойки и другие объекты, где возникают проблемы загрязнения воды нефтепродуктами.

Использование нового сорбента и разработанной модели позволит существенно улучшить технологию очистки СВ, повысить эффективность работы промышленных фильтров и степень очистки воды от нефтепродуктов, сократить негативное воздействие на окружающую среду и принести экономическую выгоду благодаря использованию доступных материалов и простоте реализации.

Лабораторные исследования по изучению сорбционных свойств алюмосиликатного сорбента, а также испытания его в пилотных установках подтвердили высокую эффективность при очистке воды от нефтепродуктов и экономическую целесообразность использования новой технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Запольский А. К., Баран А. А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. Л.: Химия, 1987. 204 с.
2. Marwa El-A., Mohamed F. S., Rehab K. M. Cost estimation of synthesis and utilization of nano-adsorbents on the laboratory and industrial scales: A detailed review // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 875. Pp. 1626—29.
3. Косулина Т. П., Кононенко Е. А., Гамарский Д. М., Чернушина А. Н. Способ утилизации нефтесодержащих отходов: пат. 2354670, РФ. № 2008102433/04. 10.05.2009.
4. Silva J. A. Water Supply and Wastewater Treatment and Reuse in Future Cities: A Systematic Literature Review // Water. 2023. Vol. 15. Iss. 17. Pp. 3064.

5. Крылов И. О., Ануфриев С. И., Исаев В. И. Установка доочистки сточных и ливневых вод от нефтепродуктов // Экология и промышленность России. 2002. № 6. С. 17—20.
6. Лебедев И. А., Сомин В. А., Кондратьев Е. В., Комарова Л. Ф. Интенсификация очистки воды от взвесей методом фильтрования // Инженерная экология. 2006. № 2. С. 20—27.
7. Dissolved effluent organic matter: Characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications / I. Michael-Kordatou, C. Michael, X. Duan, X. He, D. D. Dionysiou, M. A. Mills, D. Fatta-Kassinos // Water Research. 2015. Vol. 77. Pp. 213—248.
8. Привалова Н. М., Двадненко М. В., Марочкина С. Г., Лявина Е. В. Магнитожидкостная очистка промышленных нефтезагрязненных сточных вод // Успехи современного естествознания. 2009. № 7. С. 151—152.
9. Проскуряков В. А., Шмидт Л. И. Очистка сточных вод в химической промышленности. Л. : Химия, 1977. 463 с.
10. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. Л. : Химия, 1982. 168 с.
11. Optimization of an electrocoagulation-flotation system for domestic wastewater treatment and reuse / G. H. Bracher, E. Carissimi, D. B. Wolff, C. Graepin, A. P. Hubner // Environmental Technology. 2021. Vol. 42. Pp. 2669—2679.
12. Москвичева Е. В. Использование нефтеотхода в технологии очистки сточных вод // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Технические науки. 2006. Вып. 6(20). С. 133—136.
13. Очистка промышленных сточных вод с использованием многоцелевых инженерно-технических устройств / Д. О. Игнаткина, Е. В. Москвичева, Ю. Ю. Юрьев, И. М. Шевцова, В. С. Телятникова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Вып. 3(84). С. 61—72.
14. Очистка сточных вод с использованием смешанного реагента, полученного из нефтяного отхода / Е. В. Москвичева, А. А. Сахарова, Ю. Н. Гончар, Д. О. Игнаткина, Т. А. Кузьмина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 34(53). С. 114—120.
15. Oil removal from aqueous state by natural fibrous sorbent: An overview / L. A. Chuah, T. Shean, Y. Choong, Z. Ngaini, M. Nourouzi // Separat. Purificat. Technology. 2013. Vol. 113. Pp. 51—63.
16. Хаскельберг М. Б., Шиян Л. Н., Корнев Я. И. Повышение эффективности удаления нефтепродуктов из сточных вод // Вестник Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 3. С. 32—35.

© Юрьев Ю. Ю., Жиборкин Д. А., Жумаев С. Ю., Куцуба А. А., Самарцев В. Д., Тулякова Е. В., 2024

Поступила в редакцию
в марте 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Использование отходов синтетических полимеров для очистки сточных вод / Ю. Ю. Юрьев, Д. А. Жиборкин, С. Ю. Жумаев, А. А. Куцуба, В. Д. Самарцев, Е. В. Тулякова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 2(95). С. 173—179. DOI: 10.35211/18154360_2024_2_173.

Об авторах:

Юрьев Юрий Юрьевич — канд. техн. наук, доц., зав. каф. водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; viv_vgasu@mail.ru

Жиборкин Денис Алексеевич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Жумаев Сергей Юрьевич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 11

Куцуба Александр Андреевич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Самарцев Василий Дмитриевич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Тулякова Екатерина Владимировна — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Yurii Yu. Yur'ev, Denis A. Zhiborkin, Sergey Yu. Zhumaev, Alexandr A. Kutsuba, Vasily D. Samartsev, Ekaterina V. Tulyakova

Volgograd State Technical University

USE OF WASTE SYNTHETIC POLYMERS FOR WASTEWATER TREATMENT

This scientific work examines the technological aspects of increasing the efficiency of wastewater treatment using materials and secondary raw materials obtained from the production of synthetic polymers. The main attention is paid to the development of a technological process based on the use of sorbents from waste from aluminum production and oil refining to improve the quality of drinking water and wastewater treatment. The structure of solid materials and their properties, depending on the mutual arrangement of atoms in the crystal lattice, have been studied. It was revealed that the properties of materials vary significantly depending on the number of atoms in the lattice, which is important for the development of new materials for effective wastewater treatment. The work is of interest to specialists in the field of ecology, chemical technology and water treatment.

Key words: wastewater treatment, synthetic polymers, nanomaterials, sorbents, secondary raw materials, aluminum, oil, structure of materials, properties of materials, ecology, chemical technology.

For citation:

Yur'ev Yu. Yu., Zhiborkin D. A., Zhumaev S. Yu., Kutsuba A. A., Samartsev V. D., Tulyakova E. V. [Use of waste synthetic polymers for wastewater treatment]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 2, pp. 173—179. DOI: 10.35211/18154360_2024_2_173.

About authors:

Yurii Yu. Yur'ev — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; viv_vgasu@mail.ru

Denis A. Zhiborkin — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Sergey Yu. Zhumaev — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Alexandr A. Kutsuba — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Vasily D. Samartsev — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Ekaterina V. Tulyakova — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation