



УДК 628.3

ОЧИСТКА МОДЕЛЬНЫХ ВОД ОТ РАСТВОРЕННОЙ НЕФТИ КОМБИНИРОВАННЫМ СОРБЦИОННЫМ МАТЕРИАЛОМ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

PURIFICATION OF MODEL WATERS FROM DISSOLVED OIL BY COMBINED SORPTION MATERIAL BASED ON CEREAL WASTE

Брылякова Алина Александровна

магистр 1 курса,
студент кафедры «Инженерной экологии»,
Инженерный химико-технологический университет,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет
o123005@yandex.ru

Научный руководитель –

Степанова Светлана Владимировна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Инженерной экологии»,
доцент кафедры «Химии и технологии органических
соединений азота»,
Инженерный химико-технологический университет,
Казанский национальный исследовательский
технологический университет
ssvkan@yandex.ru

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию очистке модельных растворов растворенной нефти в воде в статических условиях с использованием инновационных сорбционных материалов на основе кислото- и термически обработанных образцов плодовых оболочек зерен овса, как по отдельности, так и в комбинации друг с другом. Показано, что при использовании комбинированных сорбционных материалов время «проскока» достигается через 140 мин, что в 1,75 раз больше по сравнению с термически обработанным образцом, при этом эффективность очистки остается на таком же уровне.

Ключевые слова: растворенная нефть, кислотообработанные плодовые оболочки зерен овса, термообработанные плодовые оболочки зерен овса, статическая адсорбция, отходы злаковых культур, очистка модельных вод.

Brylyakova Alina Aleksandrovna

1st year Master student of the Department
of «Engineering Ecology»,
Engineering Chemical Technology University,
Kazan National Research
Technological University
o123005@yandex.ru

Scientific supervisor –

Stepanova Svetlana Vladimirovna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of «Engineering Ecology»,
Associate Professor of the Department
of «Chemistry and Technology
of Organic Nitrogen Compounds»,
Engineering Chemical Technology University,
Kazan National Research
Technological University
ssvkan@yandex.ru

Annotation. This article is devoted to the study of purification of model solutions of dissolved oil in water under static conditions using innovative sorption materials based on acid- and heat-treated samples of oat husks, both individually and in combination with each other. It is shown that when using combined sorption materials, the «slip» time is reached after 140 minutes, which is 1.75 times more than with a thermally treated sample, while the cleaning efficiency remains at the same level.

Keywords: dissolved oil, acid-treated fruit shells of oat grains, heat-treated fruit shells of oat grains, static adsorption, waste of cereal crops, purification of model waters.

Введение. В настоящее время проблема загрязнения водных объектов нефтепродуктами стоит как никогда остро. Поступление нефтепродуктов в водные объекты вызывают гибель большинства их обитателей. Проблема очистки воды от нефтяных загрязнений является значимой в народном хозяйстве страны и для многих отраслей промышленности [1].

Одной из главных причиной увеличения содержания углеводородов в пресных водах в растворенном состоянии, и не только в растворенном, являются аварии при добыче и транспортировке нефти [2]. Второй по значимости источник загрязнения водных объектов – сточные воды, сбрасываемые предприятиями, в деятельности которых так или иначе вовлечены нефть и нефтепродукты. В малой степени еще одними источниками загрязнения водоемов нефтепродуктами, не связанные с добычей, хранением, транспортировкой и переработкой нефти, являются водный транспорт и коммунальная деятельность [3].

Нефть и нефтепродукты, попадая в водную среду, очень быстро перестают существовать в качестве исходных субстратов. Их судьба и биологическое действие в водных экосистемах определяются физико-химическими свойствами. В момент попадания нефть локализуется на поверхности воды в виде пленки, вследствие чего нарушается газо-, энерго-, тепло- и влагообмен между атмосферой и гидросферой [4]. Почти все компоненты сырой нефти и ее фракций имеют плотность менее 1 г/см³, а некоторые из них так



или иначе переходят в растворенное состояние. Одновременно с этим происходит процесс испарения летучих фракций. В среднем лишь около 1–3 % (иногда до 15 %) сырой нефти (в основном легкие углеводороды) растворимы в воде, тогда как испаряется ее от 10 до 40 % [5]. В водной среде нефть может находиться в нескольких агрегатных состояниях, а именно в виде: поверхностной пленки, эмульсии, взвешенной и растворенной форме

Предельно допустимая концентрация (ПДК) нефти и нефтепродуктов в воде составляет от 0,05 мг/дм³ до 0,1–0,3 мг/дм³ в зависимости от цели водопользования [6]. При наличии в воде 0,2–0,4 мг/дм³ нефти вода приобретает нефтяной запах, который не устраняется даже при фильтрации и хлорировании. Нефтяной запах распространяется на большие расстояния, чем другие загрязнения.

Для рыб наиболее токсичны легкие фракции нефти, особенно ароматические углеводороды. Они способны накапливаться в тканях рыб и, попадая в организм человека, вызывать в жировых клетках образование канцерогенно-белкового комплекса. Мальки, вылупившиеся из икры загрязненной рыбы, имеют мутагенные нарушения (отсутствие жабр, две головы и др.) [7]. Особую опасность представляют нефтяные кислоты, содержащиеся в нефти и нефтепродуктах (их концентрация в воде 0,3 мг/дм³ смертельна для гидробионтов) [8].

Извлечение растворимой нефти сложный и трудоемкий процесс, и это удастся осуществить только с помощью применения адсорбентов или озонирования, другими методами отделить растворенную нефть не представляется возможным [9]. Часто в качестве сорбентов для удаления нефти и нефтепродуктов используют активированный бурый уголь, однако сейчас ведутся исследования по разработке новых сорбционных материалов из отходов растительного, плодовых оболочек зерен овса, ячменя, пшеницы и т.д. – которых подвергают модификации и термообработке [10, 11]. Использование данных сорбентов является перспективным направлением, так как они очень дешевы и доступны.

Основная часть. В данной работе проводились исследования по очистке модельных вод от растворенных компонентов нефти термо- (ТПЗО) и кислотообработанных плодовых оболочек зерен овса (КПОЗО) [12].

В ходе эксперимента взяты навески модифицированных образцов по 1 г и помещены в колбы на 250 см³ исследуемого материала, которые залили 100 см³ модельного раствора. Концентрация нефтепродуктов в воде варьировалась в пределах 10–50 мг/дм³. Колбы поставлены на качалку, и перемешивались в течении 3–4 часов. Пробы брались каждые 20 минут, в каждой измерялась остаточная концентрация нефтепродуктов.

По результатам очистки модельного раствора от нефтепродуктов образцами определена их остаточная концентрация нефти в воде после эксперимента и эффективность очистки. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Остаточная концентрация нефти в воде после очистки

t, мин	ТПЗО	КПОЗО	ТПЗО : КПОЗО = 2 : 1
	C, мг/дм ³		
0	46,88	10,49	16,4
20	39,09	1,47	3,67
40	5,67	0,08	3,55
60	1,42	0,08	3,33
80	0,85	0,07	2,00
100	9	0,63	0,68
120	17,8	0,05	0,05
140	19,4	0,09	0,05
180	12,03	2,38	3,35
240	–	2,6	3,41
Э, %	98,19	99,52	99,70

Также подсчитана статическая обменная емкость для каждого образца по формуле 1:

$$Э = \frac{C_{исх} - C_{ост}}{C_{исх}} \cdot 100 \%, \tag{1}$$

где $C_{исх}$ – исходная концентрация нефти в воде, мг/см³; $C_{ост}$ – остаточная концентрация нефтепродуктов в очищенной воде, мг/дм³.

Результаты представлены на рисунке 1.

Из данных, представленных на гистограмме и в таблице видно, что продолжительность работы КПОЗО 2 часа и КПОЗО+ТПЗО составила 140 мин, когда как ТПОЗО работал около 80 минут. Эффективность очистки всех образцов варьировалась в пределах 98–99 %.

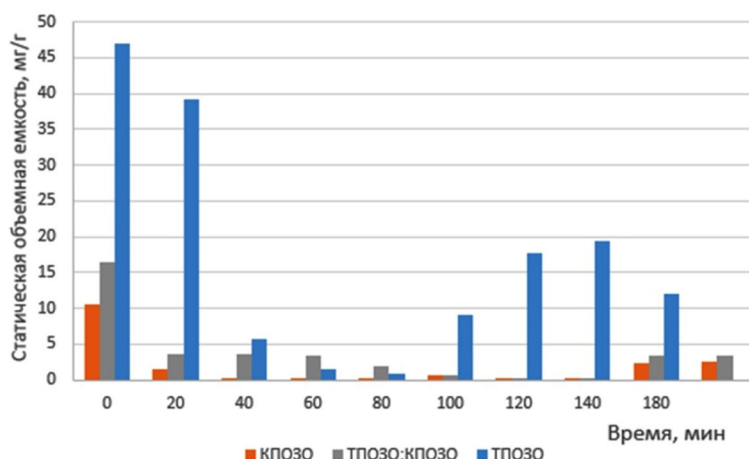


Рисунок 1 – Зависимость статической емкости от времени

Вывод: при проведении эксперимента установлено, что при использовании комбинированных сорбционных материалов на основе отходов злаковых культур в очистке модельного раствора от растворенной нефти время «проскока» достигается через 140 мин, что в 1,75 раз больше по сравнению с термически обработанным образцом, при этом эффективность очистки остается на таком же уровне.

Данный комбинированный сорбционный материал можно рекомендовать в качестве загрузки на стадии доочистки сточных вод нефтехимических производств.

Список литературы:

1. Громыко Н.В. Новые сорбционные материалы для очистки сточных вод от нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – URL : http://sci-article.ru/number/11_2015.pdf
2. Карпович Л.Л., Масленникова В.В. Аварийное загрязнение поверхностных вод Российской Федерации // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС». – 2013. – Т. 19(1). – С. 69–72.
3. Индивидуальные органические соединения нефти как индикаторы техногенного нефтяного загрязнения водной среды / М.Г. Кульков [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 196–200.
4. Караев С., Шихалиев К. Экологические проблемы транспортировки нефти и нефтепродуктов и новые методы очистки водной поверхности от нефти и нефтепродуктов // Hannover: EAEN. – 2014. – 44 с.
5. Поверхностные воды. Основы нефтегазовой геоэкологии. – [Электронный ресурс]. – URL : <https://studref.com/600537/>
6. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М. : Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2003.
7. Влияние нефти на водоем. Водные ресурсы – [Электронный ресурс]. – URL : https://vuzlit.com/1332971/vliyanie_nefti_vodoem?
8. Нефтяное загрязнение. Экология природных ресурсов – [Электронный ресурс]. – URL : <https://oblasti-ekologii.ru/ecology/vozdeystvie-na-vodnuu-sredu/osnovnye-zagraznaushie-veschestva/neftyanoe-zagryaznenie?>
9. Возможные состояния нефти в нефтесодержащих водах. – [Электронный ресурс]. – URL : <https://helpiks.org/9-51537.html?>
10. Хусаинова А.А., Степанова С.В. Очистка вод от растворенных нефтепродуктов кислотомодифицированными растительными отходами // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: Сборник докладов Всероссийской научной конференции, Белгород, 14–18 октября 2019 года. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 266–270.
11. Степанова С.В., Шайдуллина А.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод термически обработанными оболочками плодов овса в динамических условиях // Химия и инженерная экология: XVI международная научная конференция, посвященная 15-летию реализации принципов Хартии Земли в Республике Татарстан, Казань, 25–27 сентября 2016 года. – Казань : Фолиант, 2016. – С. 253–256.
12. Брылякова А.А., Яковлева А.В., Степанова С.В. Разработка технологии получения нового адсорбционного материала из отходов злаковых культур // Инновационные технологии защиты окру-



жающей среды в современном мире: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием молодых ученых и специалистов, Казань, 18–19 марта 2021 года. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2021. – С. 758–761.

List of references:

1. Gromyko N.V. New sorption materials for wastewater treatment of petroleum products [Electronic resource]. – URL : http://sci-article.ru/number/11_2015.pdf
2. Karpovich L.L., Maslennikova V.V. Accidental pollution of surface waters of the Russian Federation // Proceedings of the International Conference «InterKarto/InterGIS2. – 2013. – V. 19(1). – P. 69–72.
3. Individual organic compounds of oil as indicators of technogenic oil pollution of the aquatic environment / M.G. Kulkov [et al.] // Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. – 2010. – V. 317. – № 1. – P. 196–200.
4. Karayev S., Shikhaliyev K. Environmental problems of oil and oil products transportation and new methods of cleaning water surface from oil and oil products // Hannover: EAEN. – 2014. – 44 p.
5. Surface waters. Fundamentals of oil and gas geoecology. – [Electronic resource]. – URL : <https://studref.com/600537/>
6. GN 2.1.5.689–98. Maximum Permissible Concentrations (MPC) of Chemical Substances in Water of Water Bodies for Household and Drinking and Cultural and Domestic Use. – М. : Russian Register of Potentially Hazardous Chemicals and Biological Substances of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2003.
7. Influence of oil on water reservoirs. Water resources – [Electronic resource]. – URL : https://vuzlit.com/1332971/vliyanie_nefti_vodoem?
8. Oil pollution. Ecology of natural resources – [Electronic resource]. – URL : <https://oblasti-ekologii.ru/ecology/vozdejstvie-na-vodnuu-sredu/osnovnye-zagraznaushie-veschestva/neftyanoe-zagryaznenie?>
9. Possible states of oil in oily waters. – [Electronic resource]. – URL : <https://helpiks.org/9-51537.html?>
10. Khusainova A.A., Stepanova S.V. Cleaning waters from dissolved petroleum products by acid-modified vegetable wastes // Safety, protection and conservation of the natural environment: fundamental and applied research: Collection of reports of the All-Russian scientific conference, Belgorod, October 14–18, 2019. – Belgorod : Belgorod State Technological University named after Shukhov. V.G. Shukhov, 2019. – P. 266–270.
11. Stepanova S.V., Shaydullina A.A. Treatment of oily wastewater by thermally treated oat fruit shells under dynamic conditions // Chemistry and Engineering Ecology: XVI International Scientific Conference dedicated to the 15th anniversary of the Earth Charter principles in the Republic of Tatarstan, Kazan, September 25–27, 2016. – Kazan : Foliant, 2016. – P. 253–256.
12. Brylyakova A.A., Yakovleva A.V., Stepanova S.V. Development of technology for obtaining new adsorption material from cereal waste // Innovative technologies of environmental protection in the modern world: materials of All-Russian scientific conference with international participation of young scientists and specialists, Kazan, 18–19 March 2021. – Kazan : Kazan National Research Technological University, 2021. – P. 758–761.