

УДК 628.316.12

Санатуллова З.Т., кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная экология», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», zemka511@yandex.ru

Шайхиев И.Г., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Инженерная экология», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», ildars@inbox.ru

УДАЛЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТХОДОМ ПТИЦЕВОДСТВА

Аннотация: Во избежание экологических проблем, связанных с загрязнением гидросферы, рассмотрено рациональное использование природных ресурсов страны и выявлена возможность применения отходов сельского хозяйства в качестве сорбентов для локализации и ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов с водной поверхности. Выявлена эффективность удаления нефтепродуктов с водной поверхности с использованием нативных и обработанных высокочастотной плазмой пониженного давления перьев индюка в качестве сорбционного материала. Определено, что удаление органических соединений происходит за счет адгезии загрязняющих веществ на поверхности перьев.

Ключевые слова: перья индюка, удаление, сорбционные материалы, сточные воды, нефтепродукты, экология

Разливы нефти и продуктов ее переработки входят в настоящее время в первую десятку мировых экологических проблем. В процессе добычи нефти, ее облагораживании и подготовке, перекачке и транспортировке трубопроводным, морским, автомобильным транспортом, в процессе переработки, хранения и использования, повсеместно наблюдаются разливы нефти и продуктов ее переработки на земную и водную поверхность. Особенно опасны разливы углеводородов на поверхности воды, т.к. пленка нефти или нефтепродуктов быстро распространяется на водной поверхности, занимая значительные пространства. Общеизвестно, что 1 т нефти загрязняет 1 км² водной поверхности [1, 2]. Экологические последствия разливов нефти значительны, вызывают воздействие на экосистему, т.к. приводят к физическим и

экологическим изменениям в жизнедеятельности водоемов, а также способствуют возникновению химической токсичности.

Тяжесть этих последствий определяется степенью загрязнения водоема, физическими и химическими свойствами разлитых углеводородов, условиями окружающей среды, чувствительностью гидробионтов к воздействию внешних факторов среды. Пленка углеводородов на водной поверхности нарушает газообмен с окружающей средой, препятствуя попаданию кислорода воздуха в толщу воды и нарушая вывод газообразных продуктов метаболизма гидробионтов в атмосферу. Данное обстоятельство угнетает жизнедеятельность водных организмов, а также способствует в некоторых случаях и летальному исходу. В зависимости от концентрации углеводородов и времени воздействия, токсическое влияние на водные организмы может быть острым или хроническим.

Разлитая нефть и продукты ее переработки также представляют серьезную угрозу для здоровья человека, особенно населения, которое живет вблизи прибрежных районов. Хлорирование воды, содержащей растворенные углеводороды при водоподготовке питьевой воды, способствует образованию канцерогенных хлорорганических производных. Кроме того, при разливах нефти и нефтепродуктов выделяются неприятные запахи, меняется цвет воды водоисточника, что, в свою очередь, оказывает воздействие на туристические и рекреационные зоны и приводит к загрязнению нефтью воды, делая ее непригодной для питья, производства или орошения.

В связи с вышеизложенным, возникает проблема ликвидации разливов углеводородов с водной поверхности. Решению данной проблемы посвящено множество исследовательских работ, в том числе и обзорных. Указывается, что все методы по ликвидации разливов можно разделить на несколько групп: биологическая, химическая, физическая/механическая и термическая [2-8]. Биологическая очистка водной поверхности осуществляется специальными консорциумами нефтеокисляющих микроорганизмов. Также возможно применение водных растений при относительно невысоких концентрациях

нефти на водной поверхности. Недостатком метода является зависимость от погодных условий. Данный метод не применим в регионах с низкой температурой (например, в Арктике) и в холодное время года в средней полосе России. Химическая очистка осуществляется с использованием различных химических реагентов: окислителей, детергентов, коагулянтов, флокулянтов и др. Недостатком использования химических реагентов является увеличение стоимости очистки водной поверхности от разлитых углеводородов. Термический метод предполагает сжигание пленок нефти на поверхности воды. Данный метод применялся, в частности, в ходе Иракско-Кувейтской войны в 1998 г. Однако, метод имеет ограниченное применение: пленка нефти должна быть достаточно большой для осуществления и поддержания горения. Значительным недостатком является загрязнение воздушной среды продуктами сгорания, что в большей степени ухудшает экологическую обстановку в регионе.

В качестве основных устройств механической обработки при удалении разливов нефти используются скиммеры, т.е. плавающие устройства, предназначенные для сбора плавающих углеводородов на водной поверхности [2-8]. Другим способом, который нашел наибольшее распространение для извлечения пленок углеводородов с поверхности вод, является адсорбция [9-16]. В качестве адсорбентов используют, в основном, лигноцеллюлозную биомассу растительного происхождения, отходы от переработки растительного сельскохозяйственного сырья или древесной биомассы [17-24].

Однако, как показал опыт предыдущих научно-исследовательских работ, проводимых на кафедре Инженерной экологии Казанского национального исследовательского технологического университета, более высокой сорбционной емкостью обладают кератинсодержащие компоненты животной биомассы и отходы, такие как шерсть и отходы от ее переработки [25-29], перья птиц [30-34]. Выявлено, что пух и перья птиц имеют значения максимальной нефте- и маслосодержимости гораздо выше, чем целлюлозосодержащие отходы сельскохозяйственного производства.

В связи с вышеизложенным, в настоящей работе исследована возможность применения для удаления нефтепродуктов с водной поверхности кератинсодержащего отхода птицеводства - перьев индюшек, которые образуются в процессе ощипывания домашней птицы в малом фермерском хозяйстве Республики Татарстан. Предоставляется возможность использования отходов сельского хозяйства в качестве вторичных материальных ресурсов, чем определяет актуальность работы с точки зрения охраны окружающей среды.

Для эксперимента были взяты перья индюка, которые обладают способностью накапливать жироподобные вещества под кутикулярным слоем. Исходное перо в процессе сорбирования сохраняет свою структуру, коагулирует и становится удобным для сбора и утилизации. Однако, наиболее актуальной проблемой, возникающей при использовании природных материалов в качестве сорбента, является отсутствие четкого определения свойств этих материалов. Решение данной проблемы лежит в их модификации и улучшении сорбционной способности благодаря обработке высокочастотной плазмой. Кроме того, такой процесс удаления НП происходит быстрее и результативнее [35-39].

Исследована сорбция с водной поверхности перьями индюка нефти и масел. Так, сорбатами служили нефть девонского отложений, а также отработанное индустриальное масло марки И-20А. Выделены основные характеристики исследуемого материала, а именно водопоглощение, масло- и нефтеемкость, которые были получены в результате его выдержки в течение определенного времени в загрязненной водной среде.

Максимальные значения после проведения эксперимента показали, что полное поглощение перьями поллютантов происходит в первые 15 минут контактирования с сорбатами, после чего объем впитываемого вещества почти не изменяется.

Определено, что значение максимальной нефтеемкости в статических условиях составило 23,5 г/г, маслоемкости – 21,9 г/г. Хотелось бы отметить

высокое значение максимального водопоглощения, которое составило более 9,5 г/г.

Проводились эксперименты по ликвидации разливов углеводородов с водной поверхности, выявлено, что при приливании 7 см³ нефти девонского отложений к 50 см³ дистиллированной воды в чашке Петри и присыпанию 1 г перьев, эффективность удаления нефти составила 96,0 %. Снижающим эффективность поглощения нефти фактором является высокая водопоглощающая способность кератина перьев индейки.

Для увеличения гидрофобных характеристик и повышения олеофильности сорбционных материалов применяют обработку различными гидрофобными реагентами, такими как силоксановые жидкости и жирные кислоты. Альтернативным путем модификации является обработка в потоке низкотемпературной плазмы пониженного давления. Использование высокочастотной плазмы пониженного давления экологически безопасно и потребляет меньше энергии. Из-за небольшого объема разрядной камеры плазмохимического реактора потребляемая мощность сравнительно невелика. Ввод большого количества энергии при низкой общей стоимости этой энергии позволяет существенно снизить стоимость технологий очистки воды. Обработка плазмой проводилась с использованием 3-х режимов и 2-х газов при давлении $P=26,6$ Па в течение 3 минут в средах метана и аргона-пропана (в соотношении 70:30).

Эксперименты с плазмомодифицированными перьями проводились аналогично с нативными по идентичным методикам. Найдено, что при очистке загрязненных водных поверхностей эффективнее использование обработанных плазмой перьев. По полученным данным установлено, что сорбция масла происходит лучше с помощью перьев, обработанных в среде метана. Так, плазмообработка способствовала увеличению адгезии нефти на 1,01 % при снижении водопоглощения на 30,44 %, а по маслу наблюдалось также увеличение маслопоглощения на 1,02 % и снижение поглощения воды на 53,2 %. Определено, что основным механизмом извлечения нефти с водной

поверхности является адгезия углеводородов на поверхности сорбционного материала [40].

Заключение

Определены время и параметры необходимого оборудования для обработки материала, при которых достигаются наилучшие сорбционные характеристики при удалении НП с водной поверхности перьями индюка. Таким образом, показано, что перья птиц являются эффективными сорбционными материалами для извлечения загрязняющих органических веществ из природных и сточных вод, позволяя решать задачу рекуперации кератинсодержащих отходов птицеводства.

Список использованных источников

1. Мухутдинов А.А., Борознов Н.И., Петров Б.Г., Мухутдинова Т.З., Шаяхметов Д. К. Основы и менеджмент промышленной экологии. Казань: Магариф, 1998. – 404 с.
2. Emenike E.C., Adeleke J., Iwuozor K.O., Ogunniyi S., Adeyanju C.A., Amusa V.T., Okoro H.K., Adeniyi A.G./ Adsorption of crude oil from aqueous solution: A review// Journal of Water Process Engineering. – 2022. – Vol.50. – Article 103330. – P. 1-15.
3. Oliveira L.M., Saleem J., Bazargan A., Duarte J.L.D.S., McKay G., Meili L./ Sorption as a rapidly response for oil spill accidents: A material and mechanistic approach// Journal of Hazardous Materials. – 2021. – Vol.407. – Article 124842. – P. 1-20.
4. Han M., Zhang J., Chu W., Chen J., Zhou G./ Research progress and prospects of marine oily wastewater treatment: a review// Water. – 2019. – Vol.11. – No12.– Article 2517. – P.1-29.
5. Al-Majed A.A., Adebayo A.R., Hossain M.E./ A sustainable approach to controlling oil spills// Journal of Environmental Management. – 2012. – Vol.113. – P. 213-227.
6. Jamaly S., Giwa A., Hasan S.W./ Recent improvements in oily wastewater treatment: Progress, challenges, and future opportunities// Journal of Environmental Sciences. – 2015. – Vol.37. – P.15-30.
7. Sharma V., Ramish A., Sahu O./ Oil spill recovery techniques in petroleum industry: a review on treatment process// Journal of Oil, Gas and Petrochemical Sciences. – 2021. – Vol.3. – No1. – P.1-5.

8. Hoang A.T./ A report of the oil spill recovery and treatment technologies to reduce the marine environment pollution// International Journal of e-Navigation and Maritime Economy. – 2018. – Vol.9. – P.35-49.
9. Ouyang D., Lei X., Zheng H./ Recent advances in biomass-based materials for oil spill cleanup// Nanomaterials. – 2023. – Vol.13. – No3. – Article 620. – P.1-37.
10. Fouladi M., KavousiHeidari M., Tavakoli O./ Development of porous biodegradable sorbents for oil/water separation: a critical review// Journal of Porous Materials. – 2023. – Vol.30. – No3. – P.1037-1053.
11. Hoang A.T., Nguyen X.P., Duong X.Q., Huynh T.T./ Sorbent-based devices for the removal of spilled oil from water: a review// Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – Vol.28. – P.28876-28910.
12. Zhang T., Li Z., Lü Y., Liu Y., Yang D., Li Q., Qiu F./ Recent progress and future prospects of oil-absorbing materials// Chinese Journal of Chemical Engineering. – 2019. – Vol.27. – No6. – P.1282-1295.
13. Сироткина Е.Е., Новоселова Л.Ю./ Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов// Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – №13. – С.359-377.
14. Красноперова С.А./ Оценка эффективности сорбентов, применяемых для удаления нефти и нефтепродуктов// Управление техносферой. – 2021. – Т.4. – № 4. – С.413-423.
15. Турянский В.А./ Использование растительных сорбентов при ликвидации нефтяных разливов// Наука молодых - наука будущего. – 2023. – С.239-249.
16. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И./ Нефтяные сорбенты. Москва; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005. – 268с.
17. Chau M.Q., Truong T.T., Hoang A.T., Le T.H./ Oil spill cleanup by raw cellulose-based absorbents: a green and sustainable approach// Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. – 2021. – P.1-14.
18. Wang M., Tsai H.S., Zhang C., Wang C., Ho S.H./ Effective purification of oily wastewater using lignocellulosic biomass: A review// Chinese Chemical Letters. – 2022. – Vol. 33. – No 6. – P.2807-2816.

19. Kamel S., El-Sakhawy M./ Using of agricultural residue in removing of oil spill// Research & Reviews in BioSciences. – 2011. – Vol.5. – No2. – P.64-70.
20. Zamparas M., Tzivras D., Dracopoulos V., Ioannides T./ Application of sorbents for oil spill cleanup focusing on natural-based modified materials: A review// Molecules. – 2020. – Vol.25. – No19. – Article 4522. – P.1-22.
21. Nguyen T.T., Loc N.D., Van Nam T./ Modified methods of oil cleanup with cellulose-based adsorbents: a review// Vietnam Journal of Hydrometeorology. – 2023. – Vol.14. – P.96-120.
22. Akinyemi O.P./ Recent development on treatment of crude oil contaminated water using agricultural waste–A review// International Journal of Engineering and Management Research. – 2020. – Vol.10. – No 3. – P.89-92.
23. Hubbe M.A., Rojas O.J., Fingas M., Gupta B.S./ Cellulosic substrates for removal of pollutants from aqueous system: A review. 3. Spilled oil and emulsified organic liquids// BioResources. – 2013. – Vol.8. – No 2. – P.3038-3097.
24. El-Din G.A., Amer A.A., Malsh G., Hussein M./ Study on the use of banana peels for oil spill removal // Alexandria Engineering Journal. – 2018. – Vol.57. – No 3. – P.2061-2068.
25. Шайхиев И.Г., Низамов Р.Х., Степанова С.В./ Отходы от переработки шерсти для очистки водных акваторий от нефти //Экспозиция Нефть Газ. – 2010. – № 4(10). – С.11-14.
26. Шайхиев И.Г., Нагимуллина Г.Р., Низамов Р.Х./ Шерсть и отходы от ее переработки в качестве реагентов для очистки сточных вод от поллюантов // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2008. – № 7. – С.19-27.
27. Шайхиев И.Г. Модификация альтернативного сорбента плазменной обработкой для увеличения нефтеемкости и гидрофобности/ И.Г.Шайхиев, Р.Х.Низамов, И.Ш.Абдуллин, С.В.Фридланд// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 4. – С.24-27.
28. Sanatullova Z.T., Shaikhiev I.G./ Investigation of the process of de-sorption of oil-saturated waste of felt production// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol.815. – No 012013. – P.1-5.

29. Санатуллова З.Т. Удаление масел с водной поверхности плазмомодифицированными отходами валяльно-войлочного производств: дис... канд.техн.наук: КНИТУ, Казань. – 2017. – 190 с.
30. Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И./ Кератинсодержащие отходы птицеводства как сорбционные материалы для удаления поллютантов из водных сред. 2. Извлечение органических соединений// Вестник Технологического университета. – 2015. – Т.18. – № 5. – С.216-220.
31. Шайхиев И.Г., Шмоткина А.Н., Санатуллова З.Т./ Очистка водных сред от нефти и масел отходом птицеводства - гусиным пухом// Вестник Технологического университета. – 2016. – Т.19. – № 14. – С.180-184.
32. Шмоткина А.Н., Шайхиев И.Г., Санатуллова З.Т./ Исследование утиного пуха для удаления нефти и масел с твердой и водной поверхности// Вестник Технологического университета. – 2017. – Т.20. – № 3. – С.190-193.
33. Санатуллова З.Т., Шайхиев И.Г., Шмоткина А.Н./ Очистка водных сред от нефти и масел отходом птицеводства - гусиным пухом// Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2016. – № 2(66). – С. 41-45.
34. Филиппова Д.И., Санатуллова З.Т., Шайхиев И.Г./ Удаление пленок нефти с водной поверхности отходом птицеводства - куриными перьями// Материалы Международной научной конференции «Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология», Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – С. 303-307.
35. Фасхутдинова З.Т., Шайхиев И.Г., Абдуллин И.Ш./ Влияние параметров плазмообработки на эффективность удаления с водной поверхности масла отходом валяльного производства// Вода: химия и экология. – 2013. – № 11. – С. 102-107.
36. Шайхиев И.Г., Альтапова Р.Ф., Санатуллова З.Т./ Исследование влияния параметров плазменной обработки на эффективность удаления девонской нефти с водной поверхности отходом валяльно-войлочного производства (угаром)// Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т.19. – № 23. – С.161-167.

37. Абдуллин И.Ш. Получение сорбентов с помощью плазмы/ И.Ш. Абдуллин, И.Г. Гафаров, И.Х. Ибрафиров, Г. Сентдьерди// Экология и промышленность России. – 2002. – № 3. – С.15-18.
38. Альтапова А.Ф., Санатуллова З.Т., Шайхиев И.Г./ Влияние параметров высокочастотной низкотемпературной плазмы при обработке кератин- и целлюлозосодержащего отхода валяльно-войлочного производства на эффективность удаления карбоновой нефти с водной поверхности// Вестник технологического университета. – 2017. – Т. 20. – № 5. – С.117-121.
39. Шайхиев И.Г., Альтапова А.Ф., Санатуллова З.Т./ Исследование влияния параметров плазменной обработки на эффективность удаления девонской нефти с водной поверхности отходом валяльно-войлочного производства (угаром)// Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 23. – С. 161-166.
40. Гальбляуб О.А. Очистка водных сред от нефтепродуктов модифицированным отходом переработки ячменя: дисс. к. т. н. Казан.гос. технол. ун-т. – Казань. – 2013. – 125 с.
-

Sanatullova Z.T., Kazan National Research Technological University, associate professor of the department of environmental engineering, Ph.D. (technical), zemka511@yandex.ru

Shaikhiev I.G., Kazan National Research Technological University, professor of the department of environmental engineering, grand Ph.D (technical), ildars@inbox.ru

REMOVAL OF PETROLEUM PRODUCTS FROM THE WATER SURFACE USING POULTRY WASTE

Abstract: In order to avoid environmental problems related to hydrosphere pollution, rational use of natural resources of the country was considered and the possibility of using agricultural wastes as sorbents for wastewater treatment was revealed. The efficiency of oil products removal from water surface using native and reduced pressure high-frequency plasma treated turkey feathers as sorbent material was revealed. Removal of organic compounds occurs due to physical sorption of pollutants on the surface of feathers.

Keywords: turkey feathers, removal, sorption materials, waste water, petroleum products, ecology