

УДК 614.8.027.1 : 674.8

САФИУЛЛИНА И.Ф., ГОРДЕЕВ И.А., ФАДЕЕВА М.А., ДОМРАЧЕВ О.А.,
аспиранты кафедры Инженерной экологии (КНИТУ)
Научный руководитель ШАЙХИЕВ И.Г., д.т.н., профессор (КНИТУ),
г. Казань

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ НЕФТЕСОРБЕНТОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В настоящее время разливы нефти и нефтепродуктов относятся к приоритетным экологическим проблемам. Разливы углеводородов наблюдаются в результате техногенных аварий на всех стадиях добычи и переработки нефти, её транспортировки и хранения. Загрязнению углеводородами в результате аварийных разливов подвергаются все компоненты биосфера. Особенно чувствительными к попаданию углеводородов являются гидросфера и гидробионты. Выявлено, что 1 т нефти при попадании на водную поверхность образует пленку площадью $\sim 12 \text{ км}^2$ [1]. Пленка углеводородов на поверхности воды способствует снижению диффузии кислорода воздуха в толщу воды, выведению CO_2 в атмосферу, что неблагоприятно сказывается на жизнедеятельности высших и низших водных организмов. Налипая на кожный покров морских и речных животных и перья птиц, углеводороды способствуют снижению теплоизоляционных свойств живых организмов, зачастую приводя к их смерти.

Кроме того, в результате воздействия нефти и нефтепродуктов меняются органолептические параметры воды. Последняя становится непригодной для водопользования из-за специфического запаха углеводородов. При их попадании на прибрежные участки водоемов последние становятся непригодными для купания, водопотребления, орошения и т.д.

Легкие фракции углеводородов нефти, испаряясь, способствуют загрязнению и воздушного бассейна в районе разлива. По мере испарения легких фракций более высокомолекулярные фракции компонентов нефти и нефтепродуктов в виде гудрона или сгустков оседают на дно водоемов, вызывая вторичное загрязнение. Все вышесказанное требует безотлагательных мер по удалению пленок углеводородов с водной поверхности.

Все известные методы удаления пленок углеводородов с водной поверхности подразделяются на 4 группы: механические, биологические, термические и физико-химические [2-5]. Механический сбор пленок углеводородов осуществляется специальными средствами – скиммерами. Биологические методы предполагают внесение консорциумов микроорганизмов, которые используют углеводороды в своей жизнедеятельности. Недостатком названного способа является довольно большой временной отрезок до полной утилизации загрязнения, в течение которого часть углеводородов комкуется и оседает на дно водоема или эмульгируется. Термические методы

осуществляются путём сжигания нефти. Недостатком данного способа является то, что он может быть осуществлен только тогда, когда нефтяная пленка имеет большую толщину и поддерживает горение. К тому же продукты сгорания способствуют вторичному загрязнению воздушного бассейна.

К физико-химическим методам удаления или утилизации нефти относятся деэмульгация, окисление, адсорбция, экстракция и др. Анализ мировой и отечественной литературы показал, что наиболее часто применяемым способом извлечения углеводородов с поверхности воды и из толщи воды является сорбционный [6-8]. Этот метод основан на использовании различных твердых веществ, желательно с развитой поверхностью, для сорбции углеводородов и дальнейшей утилизации или рециклинга.

В настоящее время известно более 200 коммерческих марок нефтесорбентов. Сдерживающими факторами их использования являются дороговизна, невысокая нефтеемкость и непостоянность наличия в местах аварийных разливов углеводородов. В связи с вышеизложенным в настоящее время в мировом пространстве проводятся интенсивные исследования по использованию в качестве нефтесорбентов различных лигноцеллюлозных отходов от переработки сельскохозяйственного сырья и древесной биомассы [9, 10].

Предыдущими исследованиями, проводимыми на кафедре Инженерной экологии Казанского национального исследовательского технологического университета, показано, что отходы сельскохозяйственного производства, такие как солома и плодовые оболочки зерен [11-14], льняная [15] и конопляная [16] костра, початки [17] и обертки початков кукурузы [18], жом сахарной свеклы [19], оболочки стручков гороха [20] и др. могут эффективно сорбировать углеводороды с водной поверхности.

В продолжение проводимых работ по исследованию отходов сельскохозяйственного производства в качестве нефтесорбентов определялась способность, в частности, таких отходов, как луковая шелуха, конопляная костра, листья и стебли топинамбура, а также солома ржи, удалять пленки углеводородов с водной поверхности. Для проведения работ первоначально определялись значения максимальной сорбционной емкости по нефти. В качестве последней использовались нефти карбонового и девонского отложений Тумутукского месторождения, добывавшиеся НГДУ «Азнакаевскнефть» ПАО «Татнефть» (Республика Татарстан).

Проведенными экспериментами определено, что значения максимальной нефтеемкости для луковой шелухи составили 7,88 г/г по нефти карбонового отложения. Также определено, что максимальная нефтеемкость стеблей и листьев топинамбура по нефти девонского отложения составили 6,02 и 6,5 г/г соответственно, карбонового отложения – 7,13 и 8,06 г/г соответственно. Для конопляной костры значения максимальной нефтеемкости составили 6,15 г/г по нефти девонского отложения, по нефти карбонового отложения – 7,58 г/г. Сопоставимые значения получены и для соломы ржи – по нефти девонского отложения названный параметр составил 8,84 г/г, по нефти карбонового отложения – 10,70 г/г.

Учитывая тот факт, что отходы сельскохозяйственного производства многотоннажны, дешевы, образуются ежегодно, имеют высокие значения максимальной нефтеемкости, их использование в качестве альтернативных нефтесорбентов не вызывает сомнения. Некоторым сдерживающим фактором является относительно высокое максимальное водопоглощение названных отходов, что уменьшает эффективность удаления нефтяных пленок с водной поверхности. Названный недостаток нивелируется гидрофобизацией поверхности альтернативных нефтесорбентов известными химическими или физико-химическими методами.

Список литературы:

1. Мухутдинов А.А., Борознов Н.И., Петров Б.Г., Мухутдина Т.З., Шаяхметов Д. К. Основы и менеджмент промышленной экологии. Казань: Магариф, 1998. 404 с.
2. Adsorption of crude oil from aqueous solution: A review / E.C. Emenike, J. Adeleke, K.O. Iwuozor et al. // Journal of Water Process Engineering. 2022. Vol. 50. Article 103330. P. 1-15.
3. Sorption as a rapidly response for oil spill accidents: A material and mechanistic approach / L.M. Oliveira, J. Saleem, A. Bazargan et al. // Journal of Hazardous Materials. 2021. Vol. 407. Article 124842. P. 1-20.
4. Highlights of oil treatment technologies and rise of oil-absorbing materials in ocean cleaning strategy / X.P. Nguyen, D.T. Nguyen, V.V. Pham, D.T. Vo // Water Conservation and Management. 2022. Vol. 6. P. 6-14.
5. Anh D.H. The breakthrough technology solutions for control and treatment oil spill on the sea: A short review // Journal of Mechanical Engineering Research and Developments. 2019. Vol. 42. No 5. P. 01-05.
6. Fouladi M., Heidari M. K., Tavakoli O. Development of porous biodegradable sorbents for oil/water separation: a critical review // Journal of Porous Materials. 2023. Vol. 30. No 3. P. 1037-1053.
7. Красноперова С.А. Оценка эффективности сорбентов, применяемых для удаления нефти и нефтепродуктов // Управление техносферой. 2021. Т. 4. № 4. С. 413-423.
8. Sorbent-based devices for the removal of spilled oil from water: a review / A.T. Hoang, X.P. Nguyen, X.Q. Duong, T.T. Huynh // Environmental Science and Pollution Research. 2021. Vol. 28. P. 28876-28910.
9. Oil spill cleanup by raw cellulose-based absorbents: a green and sustainable approach / M.Q. Chau, T.T. Truong, A.T. Hoang, T.H. Le // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. 2021. P. 1-14.

10. 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.
11. Использование отходов от переработки злаковых культур для удаления разливов углеводородов с водной поверхности. 1. Пшеничная и рисовая солома (обзор мировой литературы) / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева, С.В. Свергузова, Т.Р. Дебердеев // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2024. № 9. С. 11-22.
12. Использование отходов от переработки злаковых культур для удаления разливов углеводородов с водной поверхности. 2. Ячменная и кукурузная солома (обзор мировой литературы) / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева, С.В. Свергузова, Т.Р. Дебердеев // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2024. № 10. С. 27-36.
13. Использование отходов от переработки злаковых культур для удаления разливов углеводородов с водной поверхности. 3. Плодовые оболочки зерен пшеницы и риса (обзор мировой и отечественной литературы) / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева, С.В. Свергузова, Т.Р. Дебердеев // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2025. № 2. С. 2-12.
14. Использование отходов от переработки злаковых культур для удаления разливов углеводородов с водной поверхности. 4. Плодовые оболочки зерен ячменя, овса и гречихи (обзор мировой и отечественной литературы) / И.Г. Шайхиев, К.И. Шайхиева, С.В. Свергузова, Т.Р. Дебердеев // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2025. № 3. С. 8-17.
15. Отходы переработки льна в качестве сорбентов нефтепродуктов. 1. Определение нефтеемкости / И.Г. Шайхиев, Р.Х. Низамов, С.В. Степанова, С.В. Фридланд // Вестник Башкирского университета. 2010. Т. 15. № 2. С. 304-306.
16. Домрачев О.А., Шайхиев И.Г., Хабибрахманова Е.Н. Влияние кислотной и щелочной модификации конопляной костры на ее сорбционные характеристики по нефти и водопоглощение // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Современные технологии в области защиты окружающей среды и техносферной безопасности». Казань, 2023. С. 120-124.
17. Влияние кислотной модификации сердцевины початков кукурузы (*Zea mays*) на удаление пленок нефти с водной поверхности / И.Г. Шайхиев, Г.М. Бадртдинова, Е.А. Чаптарова и др. // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2025. № 1. С. 6-25.
18. Отходы от переработки початков кукурузы (*Zea mays*) в качестве альтернативного нефтесорбента для ликвидации аварийных разливов нефти с водной поверхности / Е.А. Чаптарова, З.Т. Санатуллова, Н.В. Резапова и др. //

Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2025. № 4 (156). С. 137-150.

19. Исследование отхода от переработки сахарной свеклы в качестве сорбционного материала минеральных масел / И.Г. Шайхиев, С.В. Степанова, К.И. Шайхиева, А.И. Мавлетебаева // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 17. С. 258-261.

20. Отход сельскохозяйственного производства в качестве сорбционного материала для ликвидации разливов углеводородов и его экстракт для ингибирования коррозии промыслового оборудования / К.И. Шайхиева, А.С. Макарова, Д.Д. Фазуллин, С.В. Степанова // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022. № 2 (136). С. 183-195.