

УДК 628.31

АКБЕРОВА А.Р., студент гр. 141-М11 (КНИТУ)
Научный руководитель ШАЙХИЕВ И.Г., д.т.н., профессор (КНИТУ)
г. Казань

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS*) В КАЧЕСТВЕ НЕФТЕСОРБЕНТА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ
РАЗЛИВОВ НЕФТИ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Одной из наиболее острых и значимых проблем, связанных с деградацией экосистем и ухудшением качества окружающей среды, являются инциденты, связанные с разливами нефти и нефтепродуктов (НП) — как в процессе их транспортировки, так и на объектах нефтегазовой промышленности. Указанные события характеризуются высокой степенью экологической опасности и представляют собой сложный комплекс проблем, требующих комплексного подхода к их ликвидации [1].

Процесс ликвидации последствий разливов нефти и НП представляет собой многоэтапную и ресурсоемкую операцию, требующую координации значительных материальных, человеческих и технических ресурсов. Следует отметить, что эффективность мероприятий по устранению последствий таких инцидентов во многом зависит от оперативности и слаженности действий всех задействованных участников, включая государственные службы, частные компании и международные организации.

Для ликвидации разливов нефти и НП на водной поверхности используются различные методы — механические, физико-химические, термические и биологические [2-4]. Как показывает международный опыт, наиболее часто для удаления пленки углеводородов используется сорбционный метод, который основан на связывании нефти и НП поверхностью различных сорбционных материалов [6-7]. В настоящее время на практике используются более 200 коммерческих марок нефтесорбентов. Отрицательной чертой использования последних является не всегда высокая нефтеемкость и высокая цена. К тому же не всегда при разливе углеводородов нефтесорбенты оказываются «под рукой».

Для преодоления указанных ограничений и повышения экономической целесообразности использования сорбентов в последние годы наблюдается интенсивное развитие исследований, направленных на применение отходов от переработки сельскохозяйственного сырья и древесной биомассы в качестве сорбционных материалов [11-12]. Особый интерес представляют отходы от переработки древесной биомассы, такие как опилки, стружка, щепа [13] и компоненты древесной биомассы, такие как листья, иголки, кора, шишки и др. [14-16].

Одним из перспективных отходов деревопереработки является кора деревьев, которая образуется на деревоперерабатывающих предприятиях в результате операции окорки древесины [17-18]. Одним из путей использования

коры деревьев является ее применение в качестве сорбционного материала для удаления различных загрязняющих веществ из водных сред [19].

В настоящей работе в качестве нефтесорбента для извлечения нефти с водной поверхности исследовалась измельченная кора сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Последняя широко распространена на территории европейской части Российской Федерации. Объемы образования коры сосны измеряются сотнями тысяч м³ ежегодно.

Изначально проводилось определение некоторых характеристик измельченной коры сосны. Поскольку исследуемый сорбционный материал (СМ) визуально имеет различный фракционный состав, проведен ситовой анализ образца, по результатам которого построена гистограмма распределения частиц по фракциям (рисунок 1). Для проведения дальнейших исследований использовались фракции с размером частиц 1–2 мм. Некоторые характеристики СМ представлены в таблице 1.

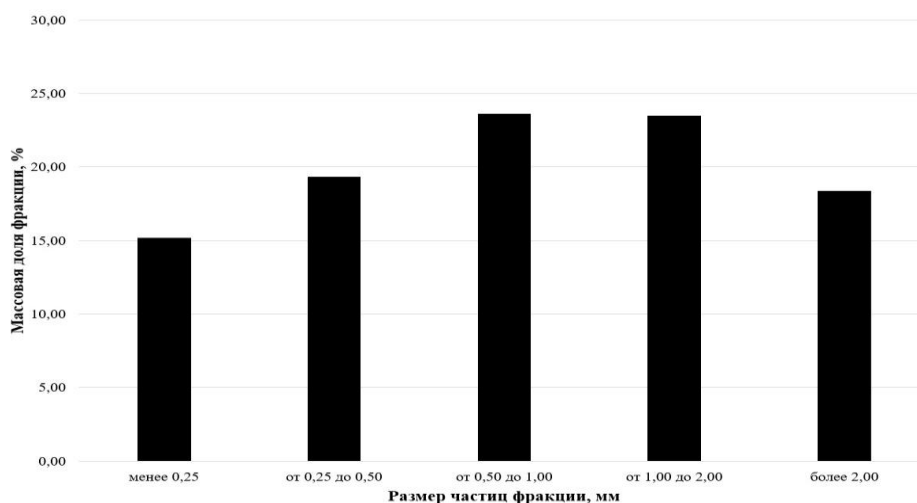


Рисунок 1. Гистограмма распределения частиц СМ по фракциям

Таблица 1. Свойства образца СМ

Характеристика сорбента	Кора сосны
Насыпная плотность $\rho_{\text{нас}}$, г/см ³	0,20
Влажность W , %	9,00
Зольность Z , %	0,45
Плавучесть (72 ч.) P , %	83,5

Анализ данных, представленных в таблице 1, демонстрирует, что исследуемый СМ из сосновой коры характеризуется низкими значениями зольности, что является индикатором высокого содержания органического вещества. Данное обстоятельство имеет ключевое значение для успешного сжигания отработанного сорбента, что является важным аспектом в контексте его утилизации. Одним из критически важных параметров, определяющих возможность применения сорбента для удаления нефти с поверхности воды, является его плавучесть. Проведенные исследования показали, что значения данного параметра обеспечивают достаточную продолжительность пребывания

СМ на водной поверхности, что, в свою очередь, способствует эффективному удалению нефтяных загрязнений. Таким образом, результаты свидетельствуют о высокой перспективности использования данного реагента в процессах ликвидации нефтяных разливов на водных поверхностях.

На следующем этапе определялись значения максимальной нефтеемкости сосновой коры по отношению к нефтям девонского и карбонового отложений Тумутукского месторождения. Определено, что максимальное значение нефтеемкости сосновой коры составило 7,38 г/г для нефти карбонового отложения и 5,53 г/г для нефти девонского отложения. Также определено, что наибольшее поглощение нефтей происходит в первые 5 минут контактирования. Кроме того, выявлено, что максимальное водопоглощение нативной коры сосны составляет более 3,5 г/г.

В последующем проводилось моделирование удаления нефтяных пленок с поверхности воды образцом СМ. Для этого к 50 см³ дистиллированной воды в чашке Петри приливалось по 3, 5 и 7 см³ нефти девонского или карбонового отложений, таким образом имитировался нефтяной разлив. Далее на поверхность нефти насыпалось по 1 г измельченной сосны. Через 30 минут контактирования латунная сетка с насыщенным СМ извлекалась, давалось время для стекания избыточного стекания сорбата и весовым методом определялось количество сорбированной нефти и воды. Количество остаточной нефти в чашке Петри определялось экстракцией последней ССl₄ с последующим выпариванием в тигле. Количество нефти, поглощенной на поверхность коры сосны, определялось как разница между весом нефти, добавленной на поверхность воды, и весом нефти, оставшейся в чашке Петри. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения остаточного содержания девонской нефти в воде

Время, мин	Суммарное значение нефте- и водопоглощения, г/г	Нефтепоглощение, г/г	Водопоглощение, г/г	Степень удаления нефти, %
Девонская нефть				
3 см ³				
30	3,16	2,76	0,4	99,63
5 см ³				
30	4,85	4,46	0,39	98,48
7 см ³				
30	4,34	4,09	0,25	94,13
Карбоновая нефть				
3 см ³				
30	3,89	2,61	1,28	96,66
5 см ³				
30	5,12	4,45	0,67	99,11
7 см ³				
30	5,62	4,82	0,8	92,53

На основании анализа полученных результатов установлено, что использование отхода деревоперерабатывающей промышленности, в частности сосновой коры, в качестве СМ обеспечивает высокоэффективное удаление нефти с водной поверхности. Данный вывод основывается на экспериментальных данных, демонстрирующих высокую сорбционную способность сосновой коры по отношению к углеводородам. Применение этого природного материала позволяет значительно снизить уровень загрязнения водных экосистем, что имеет важное значение для охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Список литературы:

1. Шульгина Т.В. Причины разлива нефти // Проблемы науки. 2018. № 2(26). С. 34-37.
2. Oil spill problems and sustainable response strategies through new technologies / I.B. Ivshina, M.S. Kuyukina, A.V. Krivoruchko et al. // Environmental Science: Processes & Impacts. 2015. Vol. 17. No 7. P. 1201-1219.
3. Oil spill modeling: A critical review on current trends, perspectives, and challenges / P. Keramea, K. Spanoudaki, G. Zodiatis et al. // Journal of Marine Science and Engineering. 2021. Vol. 9. No 2. Article 181. P. 1-38.
4. Hoang A.T., Pham V.V., Nguyen D.N. A report of oil spill recovery technologies // International Journal of Applied Engineering Research. 2018. Vol. 13. No 7. P. 4915-4928.
5. Артемов А.В., Пинкин А.В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений // Вода: химия и экология. 2008. № 1. С. 19-25.
6. 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. 103330 p.
7. Sorption as a rapidly response for oil spill accidents: A material and mechanistic approach / L.M.T.M. Oliveira, J. Saleem, A. Bazargan et al. // Journal of Hazardous Materials. 2021. Vol. 407. Article 124842.
8. 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.
9. 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.
10. 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.

11. 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.
12. 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.
13. Денисова Т.Р., Шайхиев И.Г., Сиппель И.Я. Увеличение нефтеемкости опилок ясеня обработкой растворами кислот // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 17. С. 233-236.
14. Using leaves and needles of trees as sorption materials for the extraction of oil and petroleum products from solid and water surfaces / A.V. Svyatchenko, S.V. Sverguzova, E.V. Fomina, I.G. Shaikhiev // Environmental and Construction Engineering: Reality and the Future. 2021. P. 299-306.
15. Степанова С.В., Шаймарданова А.Ш., Шайхиев И.Г. Опад березы и ее химические модификаты для удаления нефти // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 14. С. 215-217.
16. Шайхиев И.Г., Степанова С.В., Шайхиева К.И. Исследование хвои сосновых деревьев в качестве сорбционных материалов для удаления нефтей и масел с водной поверхности // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 3. С. 183-186.
17. Кора деревьев - перспективный сорбционный материал для извлечения углеводородов из водных сред (обзор мировой и отечественной литературы) / И.Г. Шайхиев, Д.Н. Хаматгалимова, Т.Р. Дебердеев, С.В. Свергузова // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2024. № 2. С. 10-20.
18. Зарипова А. Р., Хаматгалимова Д. Н., Шайхиев И. Г. Исследование коры Дуба черешчатого (*Quercus robur*) в качестве сорбционного материала для удаления плёнок нефти с водной поверхности // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2023. № 4 (60). С. 50–62.
19. Состояние и перспективы использования древесной коры / П. Золтан, Г.А. Горбачева, В.Г. Санаев и др. // Лесной вестник/Forestry bulletin. 2020. Т. 24. № 5. С. 74-88.