

УДК 628.31

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

## **УДАЛЕНИЕ РАЗЛИВОВ НЕФТИ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШИШЕК СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS CONIS*) В КАЧЕСТВЕ НЕФТЕСОРБЕНТА**

В настоящее время нефть и продукты ее переработки представляют собой одни из наиболее востребованных ресурсов в различных отраслях промышленности. В условиях стремительного развития индустриального сектора наблюдается увеличение объемов потребления данных ресурсов. Однако, несмотря на их экономическую значимость, процессы добычи, переработки и использования нефти и нефтепродуктов сопряжены с существенными экологическими рисками. Эти риски проявляются в виде загрязнения окружающей среды, которое может быть вызвано утечками нефти, сточными водами, несанкционированными сбросами и аварийными ситуациями [1–2].

Сорбционные технологии в нефтеудалении представляют собой ключевой метод для эффективного удаления нефти и нефтепродуктов с водных и сухопутных поверхностей в случае аварийных разливов, а также при утечках, возникающих в процессе добычи, транспортировки и хранения углеводородного сырья. Данный подход базируется на использовании сорбентов – специализированных материалов, обладающих высокой способностью к адсорбции углеводородов [3].

Эти материалы функционируют на основе различных механизмов взаимодействия с нефтяными компонентами, включая физическую и химическую адсорбцию, капиллярную конденсацию. В зависимости от химического состава и структуры сорбентов они могут демонстрировать различную степень эффективности в отношении удаления различных типов углеводородов, включая легкие и тяжелые фракции нефти.

Применение сорбентов в нефтеудалении позволяет значительно сократить время и затраты на ликвидацию последствий аварийных ситуаций, а также минимизировать экологический ущерб, связанный с загрязнением окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Кроме того, сорбционные технологии могут быть интегрированы в комплексные системы экологического мониторинга и управления рисками, что обеспечивает более высокий уровень безопасности и надежности в нефтегазовой отрасли.

С целью повышения экономической целесообразности использования сорбентов в последние годы наблюдается интенсивное развитие исследований, направленных на применение целлюлозосодержащих растительных компонентов биомассы и растительных отходов в качестве сорбционных материалов для ликвидации аварийных разливов углеводородов с водной и

земной поверхности. Особый интерес в качестве нефтесорбентов представляют крупнотоннажные, дешевые и эффективные отходы от переработки древесной биомассы, такие как опилки, стружка, щепа [4-6] и компоненты древесной биомассы, такие как листья, иголки, кора деревьев, шишки, желуди и др. [7-10].

Одним из компонентов биомассы хвойных деревьев являются шишки. Последние переходят в состав отходов при вырубке деревьев на лесосеках. Как правило, шишки после вырубки не утилизируются и в худшем случае сгнивают, а в лучшем – служат источником питания для лесных птиц и зверей. В тоже время шишки хвойных пород деревьев являются эффективными сорбционными материалами для извлечения широкой гаммы загрязняющих веществ из природных и сточных вод [11-15]. Информации по использованию биомассы шишек в качестве нефтесорбентов в литературе не выявлено. В связи с вышеизложенным, в настоящей работе в качестве нефтесорбента для извлечения нефти с водной поверхности исследовались измельченные шишки сосны обыкновенной (*Pinus conis*).

На начальном этапе проводилось определение некоторых характеристик шишек сосны (ШС). 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 опилок с размером частиц 1–2 мм. Некоторые характеристики СМ представлены в таблице 1.

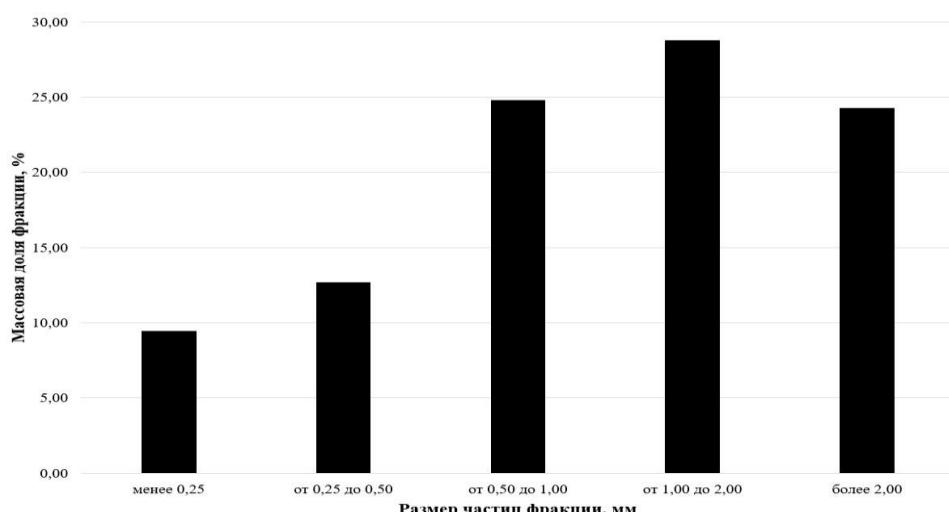


Рисунок 1. Гистограмма распределения частиц СМ по фракциям

Таблица 1. Свойства образца СМ

Характеристика сорбента	Шишки сосны
Насыпная плотность $\rho_{\text{нас}}$ , $\text{г}/\text{см}^3$	0,25
Влажность W, %	11,0
Зольность Z, %	0,49
Плавучесть P (72 часа), %	28

Анализ данных, представленных в таблице 1, демонстрирует, что исследуемый СМ 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 ШС на водной поверхности, что, в свою очередь, способствует эффективному удалению нефтяных загрязнений. Таким образом, результаты свидетельствуют о высокой перспективности использования данного СМ в процессах ликвидации нефтяных разливов на водных поверхностях [24].

На следующем этапе исследования проводилось определение предельной нефтеемкости ШС в отношении нефти девонского и карбонового отложений Тумутукского месторождения. Экспериментально установлено, что максимальная нефтеемкость сосновых шишечек достигает значения 7,36 г/г при взаимодействии с нефтью карбонового отложения и 4,52 г/г для нефти девонского отложения. При этом наиболее интенсивное поглощение нефти СМ происходит в первые пять минут контакта. Кроме того, выявлено, что максимальное водопоглощение нативного образца шишечек сосны составляет 6,32 г/г.

В последующем проводились эксперименты по удалению пленок нефти с водной поверхности исследуемым СМ. Для этого в чашку Петри, в которую предварительно опускалась латунная сетка известной массы, наливалось 50 см<sup>3</sup> воды и далее приливалось 3 см<sup>3</sup>, 5 см<sup>3</sup> или 7 см<sup>3</sup> нефти карбонового или девонского отложения. Далее на поверхность нефтезагрязненной воды насыпался и несколько притапливался 1 г ШС. По истечении 30 минут контактирования СМ, насыщенный водой и нефтью, с помощью сеточки извлекался и взвешивался. Определение остаточного содержания нефти в воде определяется путем экстракции. Поглощенную воду и воду, загрязненную остатками нефти, сливали в делительную воронку, туда же приливалось 20 см<sup>3</sup> CCl<sub>4</sub>. После этого содержимое воронки встряхивалось и отстаивалось в течение 2-3 минут. CCl<sub>4</sub> экстрагирует остаточную нефть, после чего наблюдается разделение двух несмешивающихся слоев: нижний слой, состоящий из CCl<sub>4</sub> и экстрагированной нефти, и верхний слой, состоящий из воды. Нижний слой сливался в предварительно высушенный до постоянной массы фарфоровый тигель и проводилось выпаривание при температуре 100°C. После этого проводилось взвешивание и по разнице массы определялось количество нефти, оставшейся в чашке Петри. Количество нефти, поглощенной на поверхности тестируемых растворов, 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 нефте- и водопоглощения нефтей ШС с водной поверхности**

Время, мин	Суммарное значение нефте- и водопоглощения, г/г	Нефтепоглощение, г/г	Водопоглощение, г/г	Степень удаления нефти, %
<b>Нефть девонского отложения</b>				
<b>3 см<sup>3</sup></b>				
30	3,40	2,72	0,68	98,19
<b>5 см<sup>3</sup></b>				
30	4,34	4,22	0,12	95,67
<b>7 см<sup>3</sup></b>				
30	4,63	4,56	0,07	85,94
<b>Нефть карбонового отложения</b>				
<b>3 см<sup>3</sup></b>				
30	3,97	2,617	1,28	97,03
<b>5 см<sup>3</sup></b>				
30	5,09	4,305	0,79	95,77
<b>7 см<sup>3</sup></b>				
30	5,51	5,373	0,14	85,38

Анализ полученных данных убедительно демонстрирует, что максимальная степень очистки достигается при использовании 3 см<sup>3</sup> образцов девонских и карбоновых отложений в 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Повышение объема нефти приводит к снижению эффективности очистки, что указывает на необходимость увеличения массы СМ для достижения оптимальных результатов.

**Список литературы:**

1. Акимова А.С., Филиппова Л.С. Последствия загрязнения поверхностных и сточных вод нефтью и нефтепродуктами // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 11(125). С. 1-4.
2. Левин Е.В., Пастухова Г. В., Левина Е. А. Очистка сточных вод, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, и методы их интенсификации // Экспозиция Нефть Газ. 2008. № 5. С. 69-70.
3. Попов П.А., Осипова Н.В. Предложения по технике и технологии, применяемые для ликвидации последствий ЧС, обусловленные разливами нефти и нефтепродуктов в ледовых морях в условиях Арктики // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2011. № 22. С. 32-38.
4. 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.
5. Удаление нефтяных пленок с поверхности воды модифицированными отходами деревообработки липы / Т.Р. Денисова, И.Г. Шайхиев, Г.В. Маврин и др. // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 3. С. 156-159.

6. Влияние ультразвуковой обработки опилок ясения на нефти водопоглощение / Т.Р. Денисова, И.Г. Шайхиев, Г.В. Маврин, И.Я. Сиппель // Вода: химия и экология. 2017. № 6. С. 28-34.
7. 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.
8. 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.
9. Влияние параметров обработки ВЧ плазмой пониженного давления на нефти и водопоглощение компонентов *Larix sibirica* / Е.Э. Мурашко, З.Т. Санатуллова, И.Г. Шайхиев, С.В. Садыкова // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 17. С. 121-126.
10. 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. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2023. № 4(60). С. 50-62.
11. Shaikhiev I.G., Kraysman N.V., Sverguzova S.V. World experience in using pine cones to remove various pollutants from aquatic environments // Materials International. 2025. Vol. 7, No 1, Article 4. P. 1-29.
12. Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 3. Пихтовые // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 6. С. 160-164.
13. Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 5. Кедровые // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 16. С. 177-179.
14. Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 6. Кипарисовые // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 22. С. 162-167.
15. Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 8. Араукариевые // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 10. С. 152-154.