

## НОВЫЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Акинбаде Адешола Олубунми, В.А. Сомин, Л.Ф. Комарова

*В работе рассмотрена возможность очистки воды от нефтепродуктов с использованием сырья, получаемого из отходов растениеводства в зонах субтропического и тропического климата. Для очистки наиболее трудноудаляемой растворенной нефти использован процесс сорбции. В качестве сорбентов выбраны отходы растительного происхождения, характерные для Нигерии: кожура апельсина, банана и ананаса, а также скорлупа кокосового ореха. Проведена химическая модификация выбранных материалов растворами гидроксида натрия и соляной кислоты. Изучена их статическая сорбционная емкость по отношению к фракции растворенных нефтепродуктов. Как показали результаты экспериментальных данных, для эффективной очистки воды от растворенных нефтепродуктов можно использовать кожуру банана, апельсина и скорлупу кокоса без предварительной модификации. Изотермы сорбции характеризуют большую силу взаимодействия между молекулами растворенных нефтепродуктов и поверхность сорбента, чем между этими же молекулами и растворителем. Изучен функциональный состав сорбентов методом ИК-спектроскопии, показавший в основном схожий функциональный состав материалов, который позволяет предположить склонность к адсорбции полярных фракций нефтепродуктов.*

*Ключевые слова: сорбция, растительные отходы, очистка воды, нефтепродукты.*

### ВВЕДЕНИЕ

Нефтепродукты являются одними из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды, которые в большом количестве могут попадать с предприятий нефтедобычи и нефтепереработки. В результате в регионах, где расположены такие производства, они становятся постоянным источником техногенной опасности.

Нигерия является одним из крупнейших мировых экспортеров нефти, ее запасы входят в десятку нефтедобывающих стран мира. Первое нефтяное месторождение было открыто в 1958 году, что позволило значительно усилить экономику самой густонаселенной страны африканского континента.

Добытая нефть по сети трубопроводов транспортируется к побережью Гвинейского залива и далее через нефтеналивные терминалы отправляется на экспорт в европейские страны, имея преимущество перед государствами Персидского залива в расстоянии, а также в Индию.

Однако добыча нефти сопровождается значительным загрязнением поймы реки Нигер и побережья Атлантического океана в районе Гвинейского залива. Ситуацию также усугубляет нелегальная добыча, использование стареющего оборудования, сильная коррозия трубопроводов, низкое техническое

обслуживание, что приводит к частым авариям [1].

Утечки нефти оказывают сильное влияние на экосистему: гибель мангровых лесов, ухудшение условий выращивания зерновых культур вследствие загрязнения почвы, уничтожение аквакультуры. При попадании в водоемы, нефтепродукты приводят к гибели их флоры и фауны вследствие создания на поверхности воды плёнки, препятствующей нормальному газообмену с окружающей средой. Кроме того, компоненты нефтепродуктов представляют высокотоксичные соединения, усугубляющие последствия нефтяного загрязнения.

Нигерийская нефть классифицируется как «легкая», в основном свободная от серы и находится в нерастворенном, коллоидном и растворенном состоянии.

Удаление нерастворенных нефтепродуктов из воды в настоящее время достаточно хорошо технологически проработано, в то время как очистка от растворенных фракций представляет определенные трудности. Применяемые при этом методы зачастую материалоемки и энергоемки, достаточно сложны в обслуживании, и как следствие дорогостоящи. Снижение стоимости очистки возможно за счет использования вторичного органического сырья, что позволит эффективно извлекать загрязнения из воды и одновременно утилизировать органические отходы.

## НОВЫЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ФЕНОЛА

В Нигерии для очистки нефтесодержащих вод можно использовать местные отходы потребления растительного происхождения, в частности, кожуру апельсина, банана и ананаса. Содержание мякоти в данных плодах составляет от 40% до 60%, а их кожура, имеющая высокопористую структуру, практически не используется, лишь небольшая ее часть перерабатывается для получения удобрений.

Увеличить эффективность очистки воды на материалах из органических отходов возможно проведением предварительной химической активации сырья. В частности, разработаны технологии получения сорбентов для удаления нефтепродуктов, основанные на использовании модифицированных кукурузных початков [2], травы тростника [3], абрикосовых косточек [4], скорлупы грецкого ореха [5], торфа [6]. В АлтГТУ им. И.И. Ползунова в качестве сорбентов для очистки воды от различных загрязнений изучались различные отходы растениеводства: древесные опилки [7], лузга подсолнечника [8], гречихи [9] и другие [10].

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Нами изучалась возможность использования для удаления растворенных нефтепродуктов из воды материалов на основе кожуры банана, апельсина, ананаса и скорлупы кокоса. С целью увеличения сорбционной емкости была проведена химическая модификация сырья растворами гидроксида натрия и соляной кислоты. На полученных образцах была изучена сорбционная емкость по отношению к нефтепродуктам, анализ растворов на которые осуществлялся методом ИК-спектрии [11].

Первоначально изучалась статическая сорбционная емкость ( $A$ , мг/г) кожуры банана по отношению к растворенным нефтепродуктам, в качестве которых использовалась фракция с температурой кипения от 120°C до 180°C. В результате были построены изотермы сорбции, представленные на рисунке 1.

Как видно, обработка банановой кожуры раствором соляной кислоты приводит к незначительному снижению емкости (до 10,6 мг/г) по отношению к нативному материалу (14,4 мг/г), а раствор гидроксида натрия практически не изменяет сорбционную способность материала.

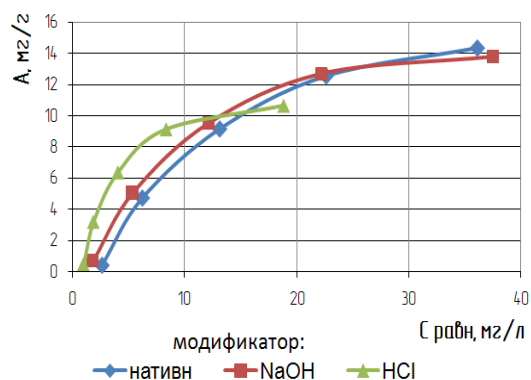


Рисунок 1 – Изотермы сорбции нефтепродуктов на коже банана

Обработанная кожуры апельсина показала схожие результаты (рисунк 2): для нативной и обработанной гидроксидом натрия статическая емкость по нефтепродуктам составила 12 мг/г, а при обработке раствором соляной кислоты снизилась до 2 мг/г.

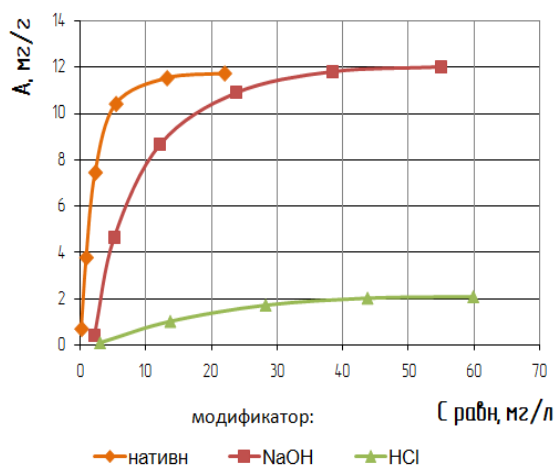


Рисунок 2 – Изотермы сорбции нефтепродуктов на коже апельсина

В отличие от вышеуказанных, химическая активация кожуры ананаса и скорлупы кокоса не привела к увеличению емкости ни в одном случае (рисунки 3,4). При этом сорбция нефтепродуктов на ананасовой кожуре показала минимальную эффективность: статическая емкость не превысила 3,6 мг/г для нативного образца. Таким образом, обработка указанными растворами ананасового и кокосового сырья не представляется перспективной.

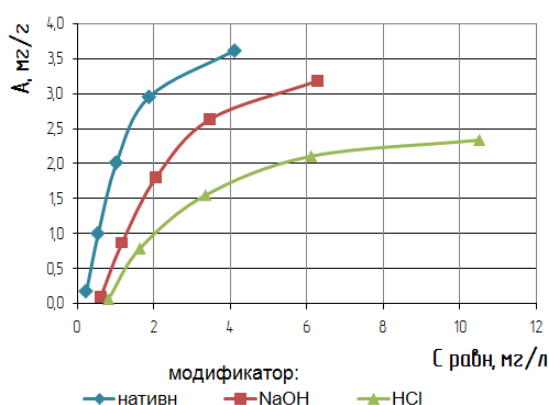


Рисунок 3 – Изотермы сорбции нефтепродуктов на коже ананаса

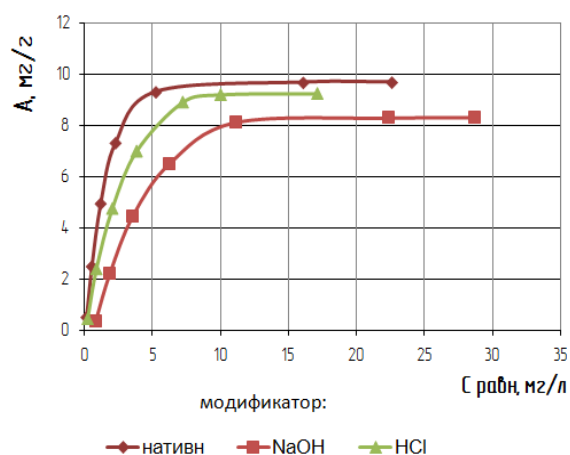


Рисунок 4 – Изотермы сорбции нефтепродуктов на скорлупе кокоса

Представленные на рисунках 1-4 изотермы можно отнести к типу S2 по классификации Гильса, что предполагает большую силу взаимодействия между адсорбированными молекулами растворенных нефтепродуктов и адсорбентом, чем между молекулами нефтепродуктов и водой. Само же взаимодействие обусловлено влиянием дисперсионных сил и образованием водородных связей. В структуре таких материалов преобладающими являются мезопоры.

Кроме наличия пор соответствующего размера, сорбционный процесс также определяется функциональным составом материала, для определения которого были сняты спектры поглощения инфракрасного излучения на фурье-спектрометре ФСМ 1201 в ИК-области от 400 до 5000 см<sup>-1</sup>. Спектры были сняты для скорлупы кокоса и кожуры апельсина.

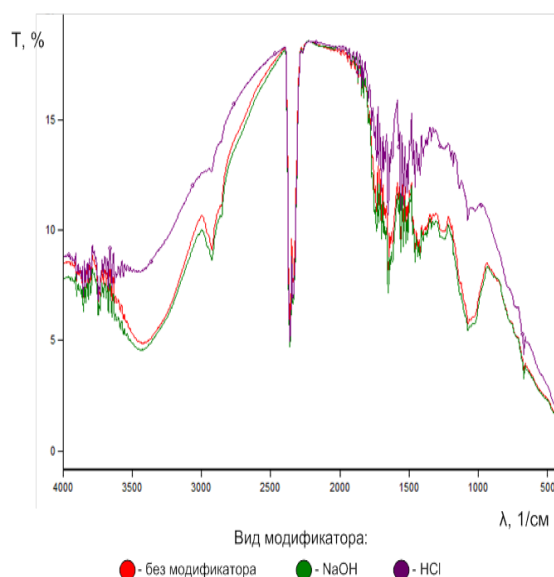


Рисунок 5 - ИК-спектры нативной и модифицированной скорлупы кокоса

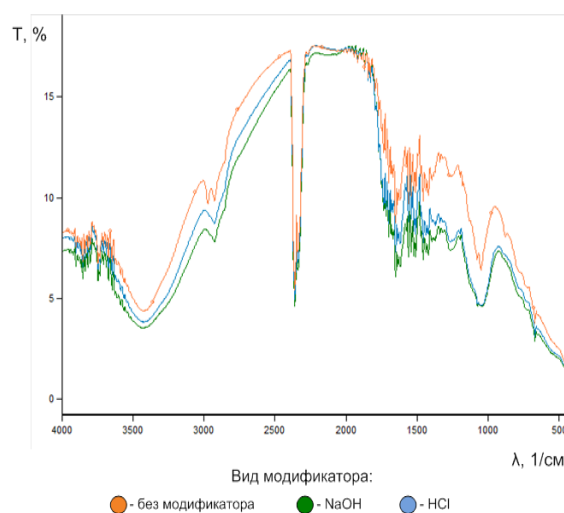


Рисунок 6 - ИК-спектры нативной и модифицированной кожуры апельсина

Как видно, в целом спектры цедры апельсина и скорлупы кокоса имеют схожий функциональный состав, за исключением некоторых групп: метильной, метиленовой, карбонатой, нитрозоаминной, сульфоксидной, содержащихся в скорлупе кокоса и отсутствующих в кожуре апельсина. Отмечено, что пики соответствующие солям аммония и ацетатам, имеются только в цедре апельсина. Присутствие указанных групп в составе материалов позволяет предположить склонность к адсорбции полярных нефтепродуктов.

## НОВЫЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ФЕНОЛА

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных экспериментов показали, что для эффективной очистки воды от растворенных нефтепродуктов можно использовать кожуру банана, апельсина и скорлупу кокоса. Проведение химической модификации данного сырья растворами гидроксида натрия и соляной кислоты нецелесообразно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Environmental fssessment of Ogoniland/ United Nations Environment Programme // Nairobi, Kenya. 2011. P. 260.
2. Овчинникова А. А. Исследование способов модификации свойств полисахаридных сорбентов /А.А. Овчинникова, А. В. Александра //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. №07(071). С. 720 – 737.
3. Уткина Е.Е. Использование сырьевых ресурсов региона для решения проблем загрязнения водных объектов нефтепродуктами / Е.Е. Уткина, В.Ф. Каблов, Н.У. Быкадоров // Фундаментальные исследования. 2011. №8. С. 406–409.
4. Долбня И. В. Сорбционный материал на основе абрикосовой косточки для очистки сточных вод от нефтепродуктов / И.В. Долбня, Е.А. Татаринцева, Л.Н. Ольшанская //Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2015. №. 4. – С. 32-37.
5. Темирханов Б. А. и др. Синтез высокоэффективных сорбентов из скорлупы грецкого ореха //Сорбционные и хроматографические процессы. 2012. Т. 12. – №. 6. – С. 1025-1032.
6. Сотиров М. Ф. и др. Способ модификации нефтеулавливающих сорбентов на основе натуральных органических материалов //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. №. 12. 2011. С. 198-201.
7. Сомин В.А. Сорбенты из древесных отходов для удаления нефтепродуктов из воды / В.А.

Сомин, В.М. Осокин, Л.Ф. Комарова, О.В. Сухорукова // Водоочистка.. №9. 2014. С. 21-26.

8. Сомин В.А. Сорбенты на основе лузги подсолнечника для очистки воды от соединений меди / В.А. Сомин, В.М. Осокин, Л.Ф. Комарова // Ползуновский вестник №3. 2014. С. 257-258.

9. Сомин В.А. Использование отходов растениеводства при очистке воды от соединений фенола / В.А. Сомин, С.А. Бетц, Л.Ф. Комарова // Вода, химия, экология. №4, 2016. С. 48-53.

10. Новые сорбционные материалы для очистки природных и сточных вод / В.А. Сомин, Л.Ф. Комарова // Монография. Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2014. 212 с.

11. ГОСТ 51797-2001. Вода питьевая. Метод определения содержания нефтепродуктов. Введ.2002-07-01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. 15 с.

**Акинбаде Адешола Олубунми** – аспирант федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», (3852) 24-55-19, [htie@mail.ru](mailto:htie@mail.ru)

**Сомин Владимир Александрович** – доктор технических наук, профессор кафедры химической техники инженерной экологии института биотехнологий, пищевой и химической инженерии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», (3852) 24-55-19, [vladimir\\_somin@mail.ru](mailto:vladimir_somin@mail.ru)

**Комарова Лариса Федоровна** – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой химической техники и инженерной экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», (3852) 24-55-19, [htie@mail.ru](mailto:htie@mail.ru)