

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Средняя школа №40»**

**Секция «Экология. Общие вопросы»**

# **Получение сорбентов из растений методом пиролиза**

**Автор работы:**  
**Бондарцева Карина Станиславовна,**  
обучающаяся 11 А класса  
МБОУ «СШ №40»

**Научный руководитель: Шишкина**  
**Наталья Анатольевна,** учитель  
химии МБОУ «СШ №40»

**г. Нижневартовск, 2024**

## Получение сорбентов из растений методом пиролиза

**Аннотация.** Определена зависимость продуктов пиролиза в качестве сорбентов сточных вод. Изучен механизм пиролиза переработки отходов растительного сырья. Выяснено, какие продукты отходов растений можно использовать для пиролиза в условиях обычной школьной лаборатории. Проведен анализ сорбции имитируемых «сточных вод» продуктами пиролиза.

Целью работы является использование доступных методов переработки растительных отходов для очищения сточных вод.

Ключевые слова: пиролиз, растительные отходы, сорбенты, сорбция, абсорбенты, пористая поверхность, сточные воды, углеродсодержащее сырье.

## Оглавление

Введение.....	3
1. ГЛАВА 1.....	4
1.1 Теоретические основы.....	4
1.2 Библиография.....	4
1.3 Получение углеродных сорбентов из растительного сырья.....	5
1.4 Пиролиз растительных отходов.....	6
2. ГЛАВА 2.....	6
2.1 Описание эксперимента.....	6
2.2 Эксперимент.....	6
3. Выводы.....	7
4. Заключение .....	8
4. Список литературы.....	9
5. Приложение.....	10

## ВВЕДЕНИЕ

**Тема:** «Получение сорбентов из растений методом пиролиза» (решение проблемы утилизации растительных отходов)

**Тип исследовательского проекта:** теоретико-экспериментальная работа.

**Актуальность:** проблема использования отходов растениеводства в России стоит очень остро. В направлении сохранения экологии путем влияния антропогенного фактора и его снижения на природу предлагаем использовать продукты отходов растений (кожура и скорлупа плодов растений) как микросорбенты для очищения воздуха, для очищения сточных вод, медицинских нужд, полученных путем пиролиза.

**Цель работы:** получить микропористые вещества путем пиролиза определенных предметов.

### **Задачи:**

1. Изучить теорию.
2. Изучить особенности пиролиза в школьной лаборатории.
3. Получить микропористые вещества со свойствами адсорбции (поглощение).
4. Поиск новых недорогих сорбентов для очистки природных сред.

**Объект исследования:** кожура банана, яблока, картофеля, грецкого ореха, кедрового ореха.

**Предмет исследования:** пиролиз бытовых отходов и процесс сорбции.

**Гипотеза:** можно предположить, что продукты пиролиза обладают сорбцией.

**Теоретическая значимость:** широкое получение сорбента на растительной основе.

Степень теоретической значимости удовлетворительная. Результаты уточняются, конкретизируются определенные положения. Разработаны положения, имеющие более узкую область применения эксперимента. Перспективы решения частных вопросов в пределах одной области или темы.

**Практическая значимость:** выводы, сделанные в ходе работы, смогут оптимизировать решение получения углеродосодержащих сорбционных материалов из вторичного растительного сырья.

## ГЛАВА 1

### 1.1 Теоретические основы

Углеродные микропористые абсорбенты – активные угли, активированные волокна и ткани – это уникальные высокопористые материалы (ПУМ), с хорошо развитой пористой поверхностью, достигающая  $400\text{--}1\ 400\ \text{м}^2/\text{г}$ , и обладающая способностью активно абсорбировать вещества разных классов органических и неорганических веществ, различных агрегатных состояний.

Абсорбционные свойства многих веществ были известны с давних времен. Так в XVIII веке использовали свойства адсорбции угля, а до начала XX века использовали адсорбенты для пищевой промышленности и виноделия, полученных из угля и костей животных. В ходе Первой мировой войны, возникла потребность использовать вещества, поглощающие вредные газообразные продукты химического оружия. Российский ученый К. Д. Зелинский изобрел противогаз с активным углем для поглощения ядовитых газообразных веществ.

В настоящее время использование сорбентов связано с нарастающими выбросами различных веществ загрязнителей в окружающую среду. Поэтому возникает повышенный спрос разработок углеродных «поглотителей» - сорбентов в решении экологических проблем: очистке питьевой воды, стоков, отходящих газов предприятий нефтеперерабатывающей, химической, угольной, металлургической отраслей промышленности, АПК и энергетики. В медицине часто используют сорбенты для диализа крови.

Первоначально использовались препараты на основе очищенного активированного угля. В настоящее время используют углеродсодержащее сырье: нефтяного пека, целлюлозы и древесины, искусственных (синтетических) полимерных материалов, органических отходов и др.

В моей работе использовался пиролиз – разложение углеродсодержащих органических веществ в инертной среде (без кислорода) при высокой температуре.

### 1.2 Библиография и теоретические основы

Для выполнения работы нужно знать стадии пиролиза из древесного угля-сырца. В ходе получения абсорбционного материала изменяются физико-химические показатели углеродсодержащего сырья. На молекулярном уровне меняются молекулярные массы и размеры частиц; на надмолекулярном уровне возникают различные «конгломераты – блоки» из различных молекул; на микроскопическом уровне появляются микротрещины, поры на поверхности разлагаемого под действием высоких

температур исходного сырья. Так в научной статье Везенцева А.И., Нгуен Хоай Тьяу и другие был описан способ «получения углеродсодержащих сорбционных материалов из вторичного растительного сырья» - кожуры кофе и скорлупы грецкого ореха [1].

Процесс пиролиза характеризуется утоньшением древесного волокна и сосудов твердой скорлупы грецкого и кедрового орехов, кожуры фруктов и овощей общей усадкой материала. Пиролиз происходит с разрушением старой целлюлозной структуры клеточных оболочек и возникновением новых. Наблюдается потеря массы материала в меньшей степени за счет атомов углерода и в большей степени атомов водорода и кислорода. Углерод содержащейся в продуктах растениеводства идет на образование микросорбционного угля. Образование карбонизированного нового вещества проявляется в конденсации углеродных циклов, приводящей к образованию уплотненной структуры циклически полимеризованного углерода. С увеличением температуры разложения растет доля циклически полимеризованного углерода, возникают термически устойчивые шестичленные кольца ароматических углеводородов и их производных; изменяются углеводородные остатки. Демиденко Н.Ю., Рязанова Т.В и другие обосновали «теоретические основы пирогагенетической переработки растительного сырья и последующей активации пористых углеводородных материалов» [2].

При температуре свыше 200°C изменяется лигно-углеводный комплекс древесины. При 300°C и выше лигно-углеводная структура древесины исчезает. При 400°C разлагается лигнин и образуется турбостратная структура угля. При температуре от 400 до 900 °C происходит ароматизация, увеличивается линейная полимеризация молекул.

Пористость материала достигает до 70%, она обуславливает высокую поглотительную способность в дальнейшем.

В описании «патента к изобретению «Способ получения сорбента на растительной основе» авторами Осадченко И.М., Горлов И.Ф. и другие говорится о регистрации технологии получения сорбента на растительной основе, который может быть использован для очистки водных растворов, на примере пшеничных отрубей [6].

Орлик В.А., под руководством Нестеровой Н.В. аспиранта кафедры фармацевтического естествознания ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), предлагала использовать отходы «переработки плодового сырья банана» [3].

В своей работе использовали были использованы скорлупа грецкого и кедрового ореха, очистки кожуры яблока, банана и картофеля.

### **1.3 Получение углеродных сорбентов из растительного сырья**

Подготовка к пиролизу из растительных отходов следующая: включает следующие стадии:

1. Измельчение.
2. Сушка сырья на открытом воздухе, при комнатной температуре.
3. Нагревание высушенного сырья пиролиза без доступа воздуха до 650 °С.
4. Активация (добавление катализатора при температуре не ниже 650°С. В качестве катализатора использовали  $ZnCl_2$ ,  $K_2CO_3$ .

#### **1.4 Пиролиз растительных отходов.**

Термическое разложение растительных остатков визуализированные – твердые вещества и газообразные вещества и газообразные смолоподобные конденсируемые вещества.

Основным продуктом пиролиза является древесный уголь и его выход зависит от степени измельчения сырья, типа сырья и продолжительность процесса пиролиза и степень нагревания (повышение температуры), измельчения растительных отходов, конструкция установки для пиролиза, его продолжительность и конечная температура.

## **ГЛАВА 2**

### **2.1 Описание эксперимента**

В моей исследовательской работе использовался метод эксперимента. Для получения активных углей используют также химическое активирование древесного угля. При химическом активировании применяются исходные материалы кожура грецкого и кедрового ореха, кожура яблока, банана, картофельные очистки. В качестве красящего вещества и имитации загрязненных вод использовали подщелоченный 1% раствор фенолфталеина и из подручных веществ – раствор гуаши. Превращение сырья в активный уголь начиналось при температуре 600<sup>0</sup> С с добавлением катализаторов. Нагревание проводили в закрытой колбе с присоединённой колбой с водой для поглощения отходящих газов в вытяжном шкафу на электроплитке Scarlett SC-HP700S41 с регулируемым термодатчиков (переключателем температурного режима). Время экспозиции от 15 минут до 60 минут (таблица 1).

Для процесса химической «активации» взяли 5 частей  $ZnCl_2$  в виде концентрированного раствора и смешали с 1 частью сырья, затем приступали к нагреванию.

Очистки продуктов пиролиза от катализаторов не проводилась.

Далее продукты пиролиза охлаждались и помещались в подкрашенный раствор гуаши и 1% раствор подщелоченного раствора фенолфталеина. Затем проводили испытания на сорбционную способность. Через 10,20,40 минут наблюдали адсорбцию окрашенных растворов продуктами пиролиза. После

окончания сорбции визуально в пробирке оценивали интенсивность окраски и рассчитывали результат.

## **2.2 Эксперимент.**

1. Были взяты пять объектов исследования, а именно:
  - кожура банана
  - кожура яблока
  - кожура картофеля
  - кожура кедрового ореха
  - кожура грецкого ореха
2. Каждый из объектов был измельчен в фарфоровой ступке до мелких фракций.
3. Каждый объект смешали с катализаторами.
4. Испытуемые образцы поместили в огнеупорную колбу для нагревания на однокомфорочной электрической плите. Нагревание происходило при 350-600 градусах (диаграмма 1).
5. Охладили до комнатной температуры продукты пиролиза.
6. Поместили продукты пиролиза растительных отходов в окрашенные растворы (диаграмма 2).

## **3. Выводы.**

1. Изучили литературу и провели эксперимент.
2. При проведении опытной части визуально от каждого объекта выделялись различные газообразные вещества, на стенках колбы оседали смолообразные вещества, ощущался запах дёгтя.
3. От кожуры банана выделилось меньше угля и газообразных веществ, так как в нем очень мало целлюлозы. От кожуры яблока немного больше, так как немного больше целлюлозы. От очисток картофеля уже гораздо больше выделилось газа, дегтя тоже. От кедрового ореха было много газа и дегтя. От грецкого ореха было очень много газа и дегтя. Лучше всего разложилась кожура кедрового ореха.
4. Результаты пиролиза проверили на сорбционную способность слабощелочным раствором фенолфталеина и синими красителями гуаши и акварельных красок.
5. Лучше всего сорбции подверглись продукты пиролиза банана, картофеля; меньше всего от продуктов переработки скорлупы грецкого ореха.



#### **4. Заключение**

В результате работы выяснили, что сорбенты растительных остатков банана и яблока лучше всего использовать на практике. В виду наличия смолистых веществ и одревесневевшей скорлупы пиролиз наиболее долго протекает со скорлупой грецкого и кедровых орехов.

Продукты пиролиза очисток картофеля и кожуры банана рекомендуем использовать для очистки сточных вод.

## Список литературы

[1] А.И. Везенцев 1, Нгуен Хоай Тьяу 2, Н.Г. Габрук 1, И.И. Олейникова 1, Т.А. Шутеева 1 . Научные ведомости. Серия: Естественные науки. 2017. № 18 (267), выпуск 40.

[2] Н. Ю. Демиденко, Т. В. Рязанова, И. С. Почекутов, Б. Н. Кузнецов. Технология сорбентов из растительного сырья : учеб. пособие / СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2018. – 90 с.

[3] Осадченко И.М., Горлов И.Ф. и другие «Описание к изобретению к патенту «Способ получения сорбента на растительной основе» СПК В01J 20/24 (2019.05) RU 2 712 682 С2. Правообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции" (ГНУ НИИММП) (RU). Опубликовано: 30.01.2020 Бюл. № 4.

[4] Орлик В.А., под руководством Нестеровой Н.В. аспиранта кафедры фармацевтического естествознания ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), научно исследовательская работа «Химический анализ отходов переработки плодового сырья банана и перспективы применения в медицине», 2019 г.

[5] Н.Г. Хутская, Г.И. Пальченок: Энергосберегающие технологии термохимической конверсии биомассы и лигнокарбонатных отходов: учебно-методическое пособие по дисциплине «Топливо и его использование» для студентов специальности 1–43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» /. – Минск: БНТУ, 2014. – 53 с.

6. <https://cloud.mail.ru/public/ip2S/DLDJQ8u7f> (Учебное пособие)

7. <https://cloud.mail.ru/public/Xj8c/Gp1BXJZZd>

8. <https://cloud.mail.ru/public/GUwB/UQ1XACrZy> (учебное пособие)

Таблица 1. Время сушки сырья

№	Сырье	Время сушки сырья, дней	Сушка в духовом шкафу, 50-60°C, мин	Время пиролиза, мин	Время адсорбции продуктов пиролиза, мин
1	Кожура яблока (до 1,5мм)	2 дня	40	3.0	15.00
2	Кожура банана	4 дня	55	3.30	2.00
3	Картофельная кожура (до 1,5 мм)	5 дней	36	4.15	7.00
4	Скорлупа грецкого ореха	1 нед	60	15.00	40.00
5	Скорлупа «кедрового» ореха (сосны кедровой)	5 дней	60	12.00	22.00

Диаграмма 1. Время пиролиза

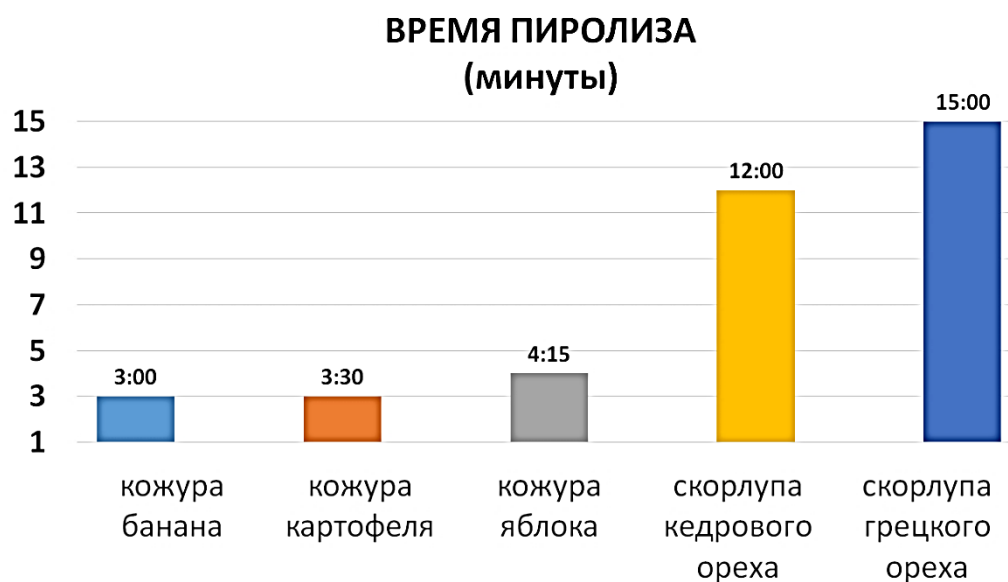


Диаграмма 2. Зависимость времени сорбции продуктов пиролиза

### Экспозиция через 40 минут

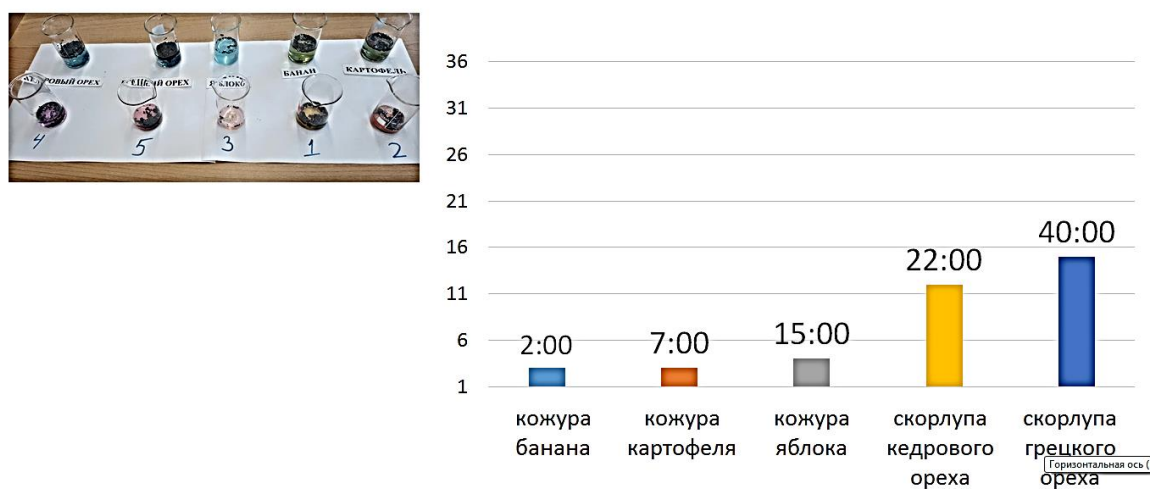


Фото 1. Выбор измельчение объектов эксперимента



Фото2. Подготовка к пиролизу



Фото 3. Процесс пиролиза





## Пиролиз кожуры яблока



## Пиролиз кожуры картофеля



## Пиролиз скорлупы кедрового ореха



Фото 4. Продукты пиролиза



Фото 5. Испытание полученных сорбентов в растворах гуаши и фенолфталеина



## Экспозиция через 40 минут



Фото 6. Абсорбция окрашенных растворов





