

**АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ (ОБЗОР)**

Карабаева Муслима Ифтихоровна  
Ферганский политехнический институт, ул.  
Ферганская, 86, Фергана, 150107 (Узбекистан)  
E-mail: muslimaxon1990@mail.ru

Акмалхонова Муштарийбегим Илхомжон Кизи  
Ферганский политехнический институт, ул.  
Ферганская, 86, Фергана, 150107 (Узбекистан)

**Аннотация**

В настоящее время все большее внимание уделяется использованию растительных отходов для получения адсорбентов. Это является не только экономически эффективным, но и экологически безопасным подходом. Одним из них являются активированный уголь. Обзор посвящен анализу публикаций в данной области за последние годы. Рассмотрены основные свойства адсорбентов на основе отходов растительного сырья. Приведены примеры реализации получения адсорбента на основе отходов растительного сырья и их применения. А так же привнесены информации о компаний, которые потребляют активированный уголь из растительных отходов по всему Миру.

**Ключевые слова:** адсорбент, активированный уголь, растительных отход, улучшению качества жизни.

**Введение**

Активированный уголь из растительных отходов является пористым адсорбентом продуктом производства важнейшим по значению и масштабам, выпускаемым химической промышленностью. Уголь состоит в основном из углерода. Их получают из разных видов органического сырья: твердого топлива (торфа, бурого и каменного угля, антрацита), дерева и продуктов его переработки (древесного угля, опилок, отходов бумажного производства), отходов кожевенной промышленности, материалов животного происхождения, например костей. Пористые активированные угли из-за высокой механической прочностью, также широко производят из растительных отходов, такие как скорлупы кокосов, орехов, миндаля и из разных косточек плодов. У активированного угля широкий диапазон промышленного, химического, фармацевтического, микробиологического, текстильного и пищевого применения. Наиболее часто в качестве адсорбента он используется в очистке отходящих газов и сточных вод от различных загрязнений, а также используется для лечения отравлений и других заболеваний. В связи с увеличением спроса на активированного угля, а также разработки новых высокоэффективных и экологически безопасных технологий, на основе последних

достижений науки и техники, обусловило создание агрегатов крупной единичной мощности с учетом передовой технологии; действующие агрегаты модернизируются.

В настоящее время более интенсивно развиваются исследования по поиску новых областей применения активированных углей из отходов растительного сырья. Они привлекают с собой с простой технологией получения, их дешевизна, экологическая безопасность процессов переработки использованных сорбентов, а также довольно высокие адсорбционные, ионнообменные и фильтрационные свойства сорбентов стимулирует исследования, направленные на получение новых адсорбционно-активных материалов из растительных отходов. В данной статье мы рассмотрим адсорбционные свойства активированного угля, полученного из растительных отходов, и его применение в различных областях, а также рассмотрим процесс получения активированного угля из растительных отходов и перспективы его использования в будущем.

Получение и применение активированных углей.

Активированный уголь – это материал, который обладает высокой адсорбционной способностью, потребляемый путем термической переработки растительных отходов, таких как кокосовые скорлупы, древесина, шелуха зерна, семян подсолнечника, кукурузы и других, возможно с помощью процесса пиролиза. Пиролиз - это процесс нагревания органических материалов без доступа кислорода, что приводит к разложению материала и образованию угля.

Для получения активированного угля из растительных отходов, сначала необходимо произвести пиролиз, при котором происходит образование угля. При производстве активного угля вначале исходный материал подвергают термической обработке без доступа воздуха, в результате которой из него удаляются влага и частично смолы. Этот процесс называется активацией. В этом процессе сырой уголь или растительные отходы, такие как миндаль, грецкий орех, кокосовые скорлупы, и др. обрабатываются при высокой температуре насыщения газами, такими как водяной пар или углекислый газ. Это позволяет удалить из угля все органические вещества и оставить только пористую структуру.

Процесс начинается с измельчения растительных отходов до размеров частиц, которые обычно составляют от 0,2 до 5 мм. Затем эти отходы помещаются в реактор, где они обрабатываются при температуре от 800 до 1000 °С в течение нескольких часов. Во время обработки газов через материал можно удалить органические вещества и создать пористую структуру. Структура образовавшегося угля – сырца - крупнопористая, он не содержит микроспор и не может быть непосредственно использован как промышленный адсорбент. Чем продолжается процесс обработки, тем больше пор производства в материале. После обработки материала охлаждается и промывается, чтобы удалить остатки вредных веществ и других загрязнений. Затем он может быть преобразован, например, путем химической активации, которую проводят двумя основными методами: окисления газом либо паром или обработкой химическими реагентами, чтобы увеличить его адсорбционную способность.

Активированный уголь из растительных отходов имеет ряд преимуществ перед углем, полученным из минеральных ископаемых. Он более экологичен, так как не требует

добычи и переработки природных ресурсов. Кроме того, растительный уголь имеет более высокую поверхность и большую пористость, что обеспечивает лучшую адсорбционную способность.

Активированный уголь из растительных отходов находит применение в различных областях благодаря своим уникальным свойствам. Рассмотрим наиболее распространенные применения.

**1. Очистка воды.** Активированный уголь из растительных отходов используется для удаления загрязнений из воды, включая органические и неорганические соединения, хлор и другие химические вещества. Он может использоваться как в стационарных системах очистки, так и в переносных фильтрах для очистки питьевой воды в походах и экспедициях.

**2. Очистка воздуха.** Активированный уголь из растительных отходов может использоваться для очистки воздуха от различных запахов, в автомобилях для улавливания вредных выхлопных газов. Он может быть использован в системах кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления, а также в персональных масках для защиты от вредных веществ.

**3. Лечение отравлений.** Активированный уголь из растительных отходов используется для лечения отравлений, таких как отравление алкоголем, наркотиками или ядами. Активированный уголь используется в качестве лекарственного средства для лечения различных заболеваний желудочно-кишечного тракта. Он связывает токсины в желудке и кишечнике, предотвращая их всасывание в кровь и тем самым ускоряет процесс их выведения из организма.

**4. Косметика и гигиена.** Активированный уголь из растительных отходов используется в косметике и гигиене для очистки кожи, волос и зубов. Он может быть использован для удаления излишков масла и загрязнений с кожи лица и тела, а также для отбеливания зубов и улучшения здоровья полости рта.

**5. Промышленность.** Активированный уголь из растительных отходов используется в различных отраслях промышленности, включая производство красителей, лаков, пластиков и других материалов. Он может использоваться для удаления загрязнений из отходящих газов и жидкостей, а также для очистки промышленных сточных вод.

**6. Производство пищевых продуктов:** активированный уголь используется в качестве пищевых добавок в продуктах для очистки и улучшения их качества.

**7. Производство аккумуляторов:** активированный уголь используется в производстве электродов для аккумуляторов.

Таким образом, активированный уголь из растительных отходов является универсальным материалом, находящим применение в различных областях. Его использование позволяет не только эффективно очищать воду и воздух, но и улучшать здоровье и качество жизни людей, а также снижать вредное воздействие промышленных отходов на окружающую среду [1-3].

Адсорбционные свойства активных углей, полученных из растительных отходов.

Активированный уголь, полученный из разных растительных отходов может иметь различные свойства, такие как размер пор и абсорбирующая способность.

Свойства активированного угля, такие как его повышенная плотность, пористость, поглощающая способность и механическая прочность, могут варьироваться от типа растительных отходов, наблюдаемых для его производства. Вот несколько примеров:

**1. Поверхностная площадь:** тип растительных отходов может влиять на возгорание площади активированного угля. Например, древесные отходы обычно дают уголь с повышенной опасностью, тогда как скорлупа кокосового ореха может дать уголь с еще более высокой степенью опасности.

**2. Пористость:** тип растительных отходов также может влиять на пористость активированного угля. Например, древесные отходы могут дать уголь с высокой степенью умеренной микропоры.

**3. Адсорбционная способность:** тип растительных отходов может повышать концентрацию активированного угля, то есть его способность удерживать различные вещества на поверхности. Например, шелуха зерновых культур может давать уголь с повышенным потреблением к молекулам красителей и токсинов.

**4. Механическая стойкость:** тип растительных отходов также может включать механическую чувствительность активированного угля. Например, косточки фруктов и овощные отходы дают уголь с более низкой структурой механического сопротивления, чем древесные отходы или скорлупа кокосового ореха.

Растительные отходы из скорлупы миндаля, фундука, грецкого ореха, а также из косточек различных фруктов содержат целлюлозу, гемицеллюлозу и лингин, которые могут быть использованы для получения адсорбентов. Например, в скорлупе миндаля составляет 38,48% целлюлозу, 28,82% гемицеллюлозу и 29,54% лингин [4].

Однако при производстве следует отметить, что свойства активированного угля также зависят от параметров его процессов, таких как температура, время проявления, использование химических реагентов и т.д. Поэтому выбор естественного типа растительных отходов для производства активированного угля должен осуществляться с учетом всех этих факторов

По размеру и форме частиц активные угли подразделяются на гранулированные и порошкообразные. Гранулированные угли изготавливаются обычно в форме цилиндров диаметром 2 - 5 мм, причем высота цилиндрика всегда больше диаметра. Гранулированные угли применяют главным образом на установках со стационарным слоем адсорбента при очистке и разделении технологических потоков в газовой фазе. Чтобы увеличить интенсивность массообмена, гранулированный уголь иногда дробят и после отсева получают узкие фракции, например: 0,15 - 0,25; 0,25 - 0,55; 0,55 - 1,65; 1,65 - 2,35 и 2,35 - 4,70 мм. Дробленые угли применяют во всех вариантах адсорбционных процессов: при проведении процессов: как в газовой, так и в жидкой фазе, со стационарным, движущимся или псевдооживленным слоем адсорбента.

Структура пор активированного угля.

В активированных углях различают три категории пор: микро-, мезо- и макропоры. Микро- и мезопоры составляют наибольшую часть поверхности активированных углей. Их также называют переходными порами, радиус кривизны которых составляет от 150 до 10000 нм, обуславливают удельную поверхность от 20 до 70 м<sup>2</sup>/г при объеме пор 0,02-0,1

см<sup>3</sup>/г. В случае углей для работы в жидких средах (осветляющие угли) объем пор может достигать 0,7 см<sup>3</sup>/г при удельной поверхности 200-400 м<sup>2</sup>/г. Соответственно, именно они вносят наибольший вклад в их адсорбционные свойства. Микропоры особенно хорошо подходят для адсорбции молекул небольшого размера, а мезопоры — для адсорбции более крупных органических молекул. Макропоры с радиусом кривизны поверхности 10000-20000 нм, с объемом пор 0,2-0,8 м<sup>2</sup>/г. Макропоры в сорбционном процессе играют роль транспортных каналов, по которым молекулы сорбтива проникают вглубь сырья сорбента [5].

Определяющее влияние на структуру пор активированных углей оказывают исходные материалы для их получения. Активированные угли на основе скорлупы кокосов характеризуются большей долей микропор, а активированные угли на основе каменного угля — большей долей мезопор. Большая доля макропор характерна для активированных углей на основе древесины.

Для каждого сырья существует оптимальный темп нагрева для производства механически прочных адсорбентов с развитой структурой пор. В таблице 1 приведены данные о влиянии скорости нагрева гранул на их пористую структуру. Активирование проводится во вращающихся барабанных печах с внешним обогревом при использовании в качестве реагента смеси дымовых газов и водяного пара в течение 1,5...2 ч. Процесс активации необходимо проводить при условиях, способствующих образованию макропор и переходных пор. Основным фактором, влияющим на образование микропор, является температура. Доказано, что уменьшение температуры нагрева ведет к увеличению вероятности образования пор этой разновидности, но в то же время увеличивает длительность процесса. Вращающиеся печи имеют преимущество, связанное с отсутствием градиента температур между пристенными и центральными участками. Перемешивание материала придает гранулам большую механическую прочность и позволяет получить однородные гранулы [3].

Табл.1. Характеристики пористой структуры активированного угля.

Скорость нагрева, °С/мин	Суммарный Объем		Объем мезопор, см <sup>3</sup> /г	Объем макропор, см <sup>3</sup> /г
	объем пор, см <sup>3</sup> /г	микропор, см <sup>3</sup> /г		
3	0,21	0,06	0,03	0,12
10	0,43	0,10	0,03	0,30
20	0,51	0,11	0,05	0,37

Процесс активации целесообразно проводить в условиях исключения поверхностного обгара. Свойства углеродного адсорбента зависят от степени обгара, с повышением обгара уменьшается механическая прочность (табл. 2).

Оптимальные свойства гранулированного активированного угля достигаются при обгаре 50 %, что соответствует объему микропороколо 0,4 см<sup>3</sup>/г, прочности 58 %. Дальнейшее увеличение степени обгара ведет к увеличению объема мезопор и уменьшению прочности гранул [3].

Табл.2. Технологические характеристики активированного угля

<i>Степень обгара, %</i>	<i>Прочность на стирание, %</i>	<i>Насыпная плотность, см<sup>3</sup>/г</i>	<i>Суммарный объем пор, см<sup>3</sup>/г</i>
37,6	91,5	0,69	0,56
48,5	88,2	0,47	0,82
62,0	75,9	0,42	0,91
72,5	65,9	0,41	1,06

Существует множество компаний, которые потребляют активированный уголь из растительных отходов по всему Миру. Некоторые из них включают в себя:

1. Calgon Carbon Corporation - ЭТО одна из крупнейших компаний в мире, специализирующаяся на производстве активированного угля и других материалов для очистки воды, воздуха и газов.
2. CarboTech AC GmbH - это немецкая компания, которая производит активированный уголь из различных растительных отходов, включая древесину, кокосовую скорлупу и другие.
3. Osaka Gas Chemicals Co., Ltd. - это японская компания, которая производит широкий спектр продуктов на основе активированного угля, включая материалы для очистки воздуха и газов, а также косметические и медицинские продукты.
4. Carbon Activated Corporation- это американская компания, которая производит уголь из различных растительных отходов, включая кокосовую скорлупу и древесину.
5. Naucarb PLC - компания из Шри-Ланки, которая является одним из крупнейших производителей активированного угля в мире и занимается производством угольной скорлупы.
6. Youce Carbon - это компания из Индии, которая производит уголь из различных растительных отходов, включая кокосовую скорлупу, древесину и другие.

### **Вывод**

В заключение необходимо отметить, что в статье рассмотрены процесс получения активированного угля из растительных отходов, который является дешевым и экологически безопасным, что делает его привлекательным для использования в различных областях. Более того, использование активированного угля из растительных отходов может привести к снижению вредного воздействия на окружающую среду и улучшению качества жизни людей. Таким образом, активированный уголь из растительных отходов является перспективным материалом, который может привести к улучшению экологической ситуации в мире и улучшению качества жизни людей.

### **Список литературы**

1. Кельцев Н.В. « Основы адсорбционной техники» 2 изд., М., 1984г.
2. Страус В. « Промышленная очистка газов», М., «Химия», 1981г.
3. <https://activcarbon.com.ua/ru/2021/03/09/chto-takoe-aktivirovannyj-ugol/?mbstx=isywy>

4. В.Ф. Олонцев, Е.А. Фарберова, А.А. Минькова, К.Н. Генералова, К.С. Белоусов оптимизация пористой структуры активированных углей в процессе технологического производства.
5. Study of Almond Shell Characteristics Xuemin Li, Yinan Liu, Jianxiu Hao and Weihong Wang \*University, Harbin 150040, China; (2018).
6. Сорбционные технологии. Определение свойств сорбентов. А. А. Комиссаренков, О. В. Федорова Санкт-Петербург 2015 УДК 543.
7. Ahmad, A. L., et al. "Activated carbon from various agricultural wastes by chemical activation with K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: preparation and characterization." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 82 (2008): 221-226.
8. Gao, Jin, et al. "Preparation of activated carbon from bamboo waste using phosphoric acid activation." *Bioresource Technology* 101.14 (2010): 5349-5356.
9. Li, X., et al. "Preparation of activated carbon from waste bamboo chopsticks and its adsorption property for phenol." *Journal of hazardous materials* 185.1 (2011): 203-211.
10. Saleh, T. A., et al. "Preparation and characterization of activated carbon from date palm leaflets." *Journal of Environmental Management* 90.8 (2009): 3013-3021.
11. Shafeeyan, M. S., et al. "Preparation and characterization of activated carbon from apple waste by chemical activation method." *Chemical Engineering Journal* 149.1-3 (2009): 354-358.
12. Sun, Xiaoyan, et al. "Preparation of activated carbon from waste tea by a two-step process." *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 85.1-2 (2009): 108-112.
13. Hassan, M. F., Sabri, M. A., Fazal, H., Hafeez, A., Shezad, N., & Hussain, M. (2020). Recent trends in activated carbon fibers production from various precursors and applications—A comparative review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 145, 104715.
14. Yang, K., Peng, J., Srinivasakannan, C., Zhang, L., Xia, H., & Duan, X. (2010). Preparation of high surface area activated carbon from coconut shells using microwave heating. *Bioresource technology*, 101(15), 6163-6169.
15. Карабаева, М. И., Мирсалимова, С. Р., Салиханова, Д. С., Мамадалиева, С. В., & Ортикова, С. С. (2022). Основные направления использования отходов растительного сырья (скорлупа арахиса) в качестве адсорбентов (ОБЗОР). *Химия растительного сырья*, (1), 53-69.