

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт естественных и точных наук
Факультет «Химический»
Кафедра «Экология и химическая технология»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, д.х.н.
_____ В.В. Авдин
_____ 2018 г.

Влияние гранулометрического состава на адсорбцию древесного угля.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–18.03.01.2018.607.06.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы, д.т.н., с.н.с.
_____ Б.Ш. Дыскина
_____ 2018 г.

Автор работы,
студент группы ЕТ-433
_____ Р.С. Мингазова
_____ 2018 г.

Нормоконтролер, доцент кафедры,
к.х.н.
_____ К.Р. Смолякова
_____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Мингазова Р.С. Влияние гранулометрического состава на адсорбцию древесного угля – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ-433, 2018. – 49 с., 5 ил., 11 табл., – библиогр. список – 29 наим.

Ключевые слова: уголь, адсорбция, адсорбционная активность, насыпная плотность.

Объекты исследования – опытный активный уголь.

Цель работы – определить влияние размеров частиц активного угля на адсорбционную активность по йоду.

1) Выполнить обзор литературных источников данных по способам получения активированного древесного угля; древесного угля, методах исследования, нормативные документы по оценке качества

2) Освоить методы исследования активных углей

3) Экспериментально определить показатели качества разных фракций активного угля.

4) Разработать рекомендации

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ПРОИЗВОДСТВО НЕФТЯНОГО И ПЕКОВОГО КОКСОВ В РОССИИ...	6
1.1 Классификация нефтяных коксов.....	6
1.4 Вредное влияние серы в технологии производства графитированных электродов.....	19
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	20
2.1 Объект исследования.....	20
2.2 Методы исследования.....	21
3 ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ.....	28
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	29
4.1 Сетевой график.....	29
4.2 Оценка стоимости выполнения НИР.....	31
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	33
5.1 Общие требования охраны труда при работе в химической лаборатории.....	33
5.2 Электробезопасность.....	33
5.3 Вредные вещества и правила работы с ними.....	35
5.4 Шум.....	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	39

1 ВВЕДЕНИЕ

Ухудшение экологической обстановки и, как следствие, ужесточение законодательства в области обращения и утилизации техногенных отходов предполагает использование экологически чистых и безопасных способов и средств очистки. Таким средством является активированный уголь. Основное назначение активных углей, как адсорбентов, состоит в концентрировании примесей, находящихся в обрабатываемой среде, в объеме сорбирующих пор. В настоящее время активированные угли относятся к самым дешевым эффективным адсорбентам. Исследования, направленные на изучение адсорбционной активности углей актуальны в связи с большой областью их применения. [1,2]

Цель данной работы – изучить влияние гранулометрического состава на адсорбционную активность углей.

Задачи:

1) Выполнить обзор литературных источников данных по способам получения активированного древесного угля; древесного угля, методах исследования, нормативные документы по оценке качества

2) Освоить методы исследования активных углей

3) Экспериментально определить показатели качества разных фракций активного угля.

4) Разработать рекомендации

Показано, что наибольшей адсорбционной активностью по йоду (73 %) характеризуется фракция $-1+0,5$ мм, однако выход этой фракции всего 0,7 %.

Рекомендуется додрабливать наиболее крупные фракции валкованием с получением наиболее эффективной фракции $-1+0,5$ мм.

1 СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ (Литературный обзор)

1.1 Понятие и теории адсорбции

Материал, в объеме пор или на поверхности которого происходит концентрирование поглощаемого вещества, называют сорбентом, а само вещество – сорбатом. Сорбционные явления основаны на физическом и химическом взаимодействии сорбата и сорбента [3,4]. В случае когда концентрирование происходит только на поверхности, процесс называется адсорбцией. Если сорбируемые молекулы проникают в объем соседней фазы, мы говорим об абсорбции, например, при растворении газов в жидкостях. Десорбция – процесс обратный адсорбции. Адсорбирующее средство называют адсорбентом, а адсорбируемое вещество – адсорбтивом. В адсорбированном состоянии оно называется адсорбтом. Адсорбтом еще называют систему адсорбента с адсорбтом в целом (рисунок 1.1) [3].

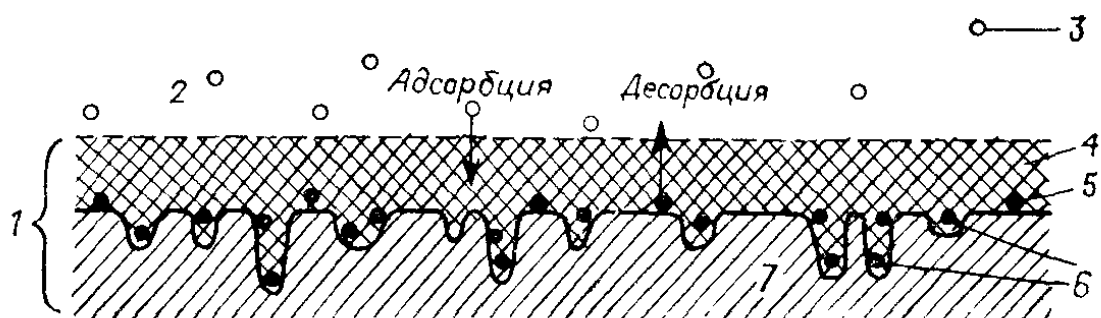


Рисунок 1.1 – Схема процесса адсорбции:

1– адсорбат; 2 – газовая или жидкая фаза; 3 - адсорбтив; 4 -
поверхностная пленка; 5- адсорбт; 6 - активные центры; 7 - адсорбент.

Адсорбция на твердых телах может протекать из газовых фаз и жидких сред. При этом необходимо различать физическую адсорбцию и хемосорбцию. Физическая сорбция, носящая обратимый характер с сохранением

индивидуальности сорбата и сорбента, обусловлена силами молекулярного взаимодействия – силами Ван-дер-Ваальса слагающимися из ориентационных, индукционных и дисперсионных взаимодействий. Большое значение имеет дисперсионное взаимодействие, которое происходит за счет сближения молекул материала сорбента и сорбируемого вещества и заключается в упорядочении движения частиц вследствие взаимного притяжения. Дисперсионные взаимодействия неспецифичны, присущи всем веществам и различаются в конкретных случаях лишь количественно и проявляются только на очень малых расстояниях. Иногда дисперсионные взаимодействия усиливаются водородными связями и электростатическими (индукционными или ориентационными) силами. Процесс хемосорбции протекает с образованием химической связи, изменяющей химическую природу сорбированной молекулы, отличается большой энергией активации. В большинстве случаев при хемосорбции возникают более прочные связи, чем при физической адсорбции [3,4,5].

Наряду с теоретическими различиями оба процесса имеют следующие характерные практические различия [3]:

А) Физическая адсорбция вещества в значительной степени протекает в области температур, близких к точке кипения или несколько выше; хемосорбция происходит при температурах, значительно превышающих температуру кипения.

Б) Хемосорбция, требующая высокой энергии активации, зависит от температуры: чтобы процесс протекал с достаточной скоростью, необходима определенная минимальная температура. Физическая адсорбция, напротив, эффективнее протекает при низких температурах.

В) Хемосорбция – процесс специфический в основном для соединений, способных вступать в реакцию с твердым телом; физическая адсорбция, напротив, относительно неспецифична.

Г) При физической адсорбции наблюдается положительный тепловой эффект, приближенно равный теплоте конденсации (т.е. нескольким кДж/моль). Теплота реакции в процессах хемосорбции заметно выше и составляет обычно 10...60 кДж/моль.

Д) При физической адсорбции на поверхности адсорбента может образоваться несколько адсорбционных слоев. Хемосорбция протекает только с образованием монослоя; в этом случае массообмен незначителен.

Наиболее распространенные теоретические модели адсорбции – Ленгмюра, Поляни и БЭТ рассмотрим их подробнее.

1.1.1 Теория Ленгмюра. Теория мономолекулярной адсорбции

Согласно модели Ленгмюра, предложенной в 1916 году:

– поверхность адсорбента однородна, т. е. теплота адсорбции на разных участках поверхности одинакова;

– теплота адсорбции не зависит от присутствия других адсорбированных молекул, следовательно, можно пренебречь взаимодействием адсорбированных молекул между собой;

– молекулы не могут адсорбироваться на молекулах первого слоя.

Максимальная адсорбция наблюдается при плотной упаковке адсорбированных молекул на поверхности адсорбента толщиной в одну молекулу. Предполагая, что адсорбированные молекулы находятся в динамическом равновесии с молекулами в дисперсионной среде, процесс адсорбции можно описать с помощью следующей схемы:

молекула адсорбата + активный центр адсорбента \rightleftharpoons адсорбированная молекула (адсорбированный комплекс).

При адсорбции газов и паров на поверхности твердых тел (адсорбентов) возможно прямое экспериментальное определение удельной адсорбции по разности давлений газа до и после адсорбции. Удельную адсорбцию

растворенных веществ на поверхности твердых тел также определяют экспериментально по изменению концентрации раствора до и после адсорбции.

Уравнение изотермы мономолекулярной адсорбции Ленгмюра имеет следующий вид:

$$a = a_{\infty} \frac{kP}{1 + kP}$$

где a_{∞} – адсорбционная емкость насыщенного монослоя

k – константа;

P – равновесное давление газа.

1.1.2 Теории полимолекулярной адсорбции (теория Поляни)

Экспериментальное изучение изотерм адсорбции показало, что после образования молекулярного слоя на поверхности адсорбента процесс адсорбции не прекращается – кривая адсорбции круто поднимается вверх. Для объяснения этого явления в 1915 г. Поляни предложил теорию полимолекулярной адсорбции, называемую также «потенциальной». Основные положения этой теории заключаются в следующем:

1 адсорбция обусловлена чисто физическими силами;

2 на поверхности адсорбента нет активных центров, а адсорбционные силы действуют вблизи поверхности и образуют около этой поверхности непрерывное силовое поле;

3 адсорбционные силы действуют на сравнительно большие расстояния, превышающие размеры отдельных молекул адсорбтива и поэтому можно говорить о существовании у поверхности адсорбента адсорбционного объема, который заполняется молекулами адсорбтива;

4 действие адсорбционных сил по мере удаления от поверхности уменьшается и на некотором расстоянии становится равным нулю;

5 притяжение данной молекулы поверхностью адсорбента не зависит от наличия в адсорбционном пространстве других молекул;

6 адсорбционные силы не зависят от температуры и, следовательно, с изменением температуры адсорбционный объем не изменяется;

7 под воздействием адсорбционного поля возникает возможность образования нескольких слоев молекул адсорбата. Наибольшее притяжение и сжатие испытывает первый адсорбционный слой. Газообразные продукты в нем конденсируются в жидкость. Притяжение последующих слоев снижается до тех пор, пока плотность вещества понизится до его плотности в окружающей среде.

1.1.3 Теория БЭТ

Теория, разработанная Брунауэром, Эмметом и Теллером применительна к адсорбции паров. Эта теория получила название в соответствии с начальными буквами фамилий авторов. Теория основана на следующих положениях:

1. на поверхности адсорбента имеется определенное число равноценных в энергетическом отношении активных центров;

2. каждая молекула первого слоя представляет собой активный центр для дальнейшей адсорбции, что приводит к образованию второго, третьего и т. д. слоев. При этом построение последующих слоев возможно при незаполненном первом;

3. взаимодействием соседних адсорбированных молекул в рамках одного слоя пренебрегают;

4. молекулы адсорбтива в последующих слоях по сумме статистических состояний подобны молекулам жидкости и отличаются от молекул первого слоя. Таким образом, адсорбированная фаза может быть представлена как совокупность адсорбционных комплексов – молекулярных цепочек,

начинающихся молекулами первого слоя, непосредственно связанными с поверхностью адсорбента. При этом цепочки не взаимодействуют между собой.

Теория БЭТ устанавливает следующую зависимость между количеством адсорбированного вещества a и давлением P :

$$a = a_{\infty} \frac{k}{\left(1 - \frac{P}{P_S}\right) \left[1 + (k-1) \frac{P}{P_S}\right]} \frac{P}{P_S}$$

Где a_{∞} – адсорбционная емкость насыщенного монослоя, определяющаяся размером «посадочной» площадки молекулы газа, т.е. площадью, которую она занимает в насыщенном монослое;

k – константа, зависящая от энергии взаимодействия молекул в адсорбционном слое;

P_S – давление насыщенного пара при постоянной температуре;

P/P_S – относительное давление пара.

Модель БЭТ неоднократно критиковали, поскольку трудно представить абсолютно однородные поверхности. Кроме того, реальные экспериментальные данные свидетельствуют о боковых взаимодействиях адсорбированных молекул между собой. Некоторые исследователи пытались усовершенствовать теорию БЭТ или получить другие модельные изотермы. Однако, до настоящего времени метод БЭТ остается основным для определения удельной поверхности твердых тел, в том числе адсорбентов и катализаторов. [4]

Адсорбцию применяют во многих областях промышленности, чаще всего в газовой и нефтеперерабатывающей. Природный газ осушают для подготовке его к транспортировке. Так же с помощью адсорбции природный и попутные газы отбензинивают. Адсорбцию применяют для очистки различных веществ: воды, масел, бензинов и т.д. Явление адсорбции используется в хроматографии, в противогазах, для поглощения пахучих и вредных веществ, с целью защиты окружающей среды. По сравнению с другими массообменными процессами

адсорбция эффективна при малом содержании извлекаемых компонентов в исходной смеси. Так, при разделении смеси сухих углеводородных газов процесс адсорбции оказывается более выгодным, чем процесс абсорбции, тогда как для жирных газов целесообразнее применять процесс абсорбции. Аналогично для жидких смесей: при невысоком содержании извлекаемых компонентов в сырье адсорбционное разделение предпочтительнее экстракции [4].

1.2 Характеристика древесных и активных углей

1.2.1 Древесные угли – ГОСТ 7657

Марки древесного угля из пород древесины по [ГОСТ 24260](#):

А – уголь, получаемый при пиролизе древесины пород группы 1;

Б – уголь, получаемый при пиролизе смеси древесины пород групп 1 и 2;

В – уголь, получаемый при углежжении смеси древесины пород групп 1,2,3

Таблица 1.1– Сырье для производства угля [7]

Назначение древесного сырья	Группа пород		
	1-я	2-я	3-я
Для пиролиза	Береза, бук, ясень, вяз, дуб, клен	Осина, ольха, липа, тополь, ива	–
Для углежжения	Береза, бук, ясень, вяз, дуб, клен	Сосна, ель, кедр, пихта, лиственница	Осина, ольха, липа, ива

Таблица 1.2 – Физико-химические показатели древесного угля [6]

Наименование показателя	Норма для марки				
	А		Б		В
	Высший сорт	1-й сорт	1-й сорт	2-ой сорт	
Кажущаяся плотность, г/см ³ , не менее	0,37	0,37	Не нормируется		
Массовая доля золы, %, не более	2,5	3,0	2,5	3,0	4,0
Массовая доля нелетучего углерода, %, не менее	90	78	88	77	67
Массовая доля воды, %, не более	6	6	6	6	6
Массовая доля угля с зернами в местах погрузки, %, не более:					

менее 25 мм	5 7	5 7	Не нормируется		
менее 12 мм			7	7	7
Массовая доля головней,%, не более	–	2	–	2	2
Масса 1 дм угля, г, не менее	210	210	Не нормируется		

Для производства активных углей может использоваться только древесный уголь марки А.

1.2.2 Активные угли – ГОСТ 6217-74

Активным углем (АУ) называется пористый адсорбент с развитой внутренней поверхностью до 1000 м²/г за счет каналов неправильной формы (пор) шириной 10⁻¹⁰-10⁻⁸ м между кристаллами графита и аморфного углерода, получаемый путем специальной обработки углеродистого материала. Микропористую структуру получают с помощью процесса активации, который проводят окислением тазом или парами газом или обработкой химическими реагентами карбонизованного угля. Существует большое количество способов и модификаций процесса парогазовой активации углей для их активирования. Практические методы в основном основываются на способе обработки угля-сырца при 850 - 900 °С водяным паром.

Размер пор в основном определяет механизм происходящих в них адсорбционных и капиллярных явлений. Скорость сорбции при прочих равных условиях убывает с ростом размеров зерна сорбента и уменьшением объемов транспортных пор. Характер пористости (преобладание микро- или макропор) определяет развитие реакционной поверхности угля.

Активный древесный уголь в зависимости от назначения изготавливают из четырех марок:

БАУ-А – в ликероводочном производстве и для адсорбции из растворов и водных сред;

БАУ-Ац – для наполнения ацетиленовых баллонов;

ДАК – для очистки парового конденсата от масла и других примесей;

БАУ-МФ – для адсорбции из водных сред в фильтровальных установках

Таблица 1.3 – Свойства некоторых марок активированного угля[5]

Наименование показателя	Норма для марки			
	БАУ-А	БАУ-Ац	ДАК	БАУ-МФ
1 Внешний вид	Зерна черного цвета без механических включений			
2 Адсорбционная активность по йоду, %, не менее	60	60	30	70
3 Суммарный объем пор по воде, см ³ /г, не менее	1,6	1,7	1,4	Не нормируется
4 Насыпная плотность, г/дм ³ , не	240	240	Не нормируется	

более				
5 Фракционный состав, массовая доля остатка на сите с полотном: №36, %, не более №10, %, не менее на поддоне, %, не более	2,5 95,5 2,0	2,5 95,5 2,0	2,5 95,5 2,0	— — —
6 Массовая доля золы, %, не более	6	7	6	10
7 Массовая доля влаги, %, не более	10	10	10	10
8 Прочность, %, не менее	—	60	—	—

Уголь БАУ обладает узким распределением мелких микропор по размерам, так же имеет достаточно развитую макропористость (таблица 1.4) [8]

Таблица 1.4 – Характеристики угля марки БАУ

Марка угля	Насыпная плотность, кг/м ³	Кажущаяся плотность, кг/м ³	Общий объем пор, см ³ /г	Объем микропор, см ³ /г	Объем мезопор, см ³ /г	Объем макропор, см ³ /г
БАУ	260	433	1,5	0,23	0,08	1,19

С точки зрения технологии переработки в активный уголь, ископаемые угли условно делятся на две группы. В первую группу включают слабоспекающиеся и неспекающиеся угли, из которых производят дешевые порошкообразные адсорбенты. Чтобы использовать эти угли для получения гранулированных адсорбентов необходимо применять связующие вещества. Во вторую группу входят спекающиеся угли, из которых получают гранулированные активные угли. В этом случае возникает возможность уменьшения расхода связующих веществ или полное их исключение.

Спекающиеся угли мало использовали в качестве сырья для получения адсорбентов в связи с трудностями, связанными со спеканием при термической обработке. В настоящее время разработаны способы, позволяющие получать из спекающихся углей гранулированные адсорбенты с высокой механической прочностью. Пластические свойства определяют механическую прочность получаемых гранул угля. Эти свойства зависят от природы исходного сырья, то есть от его состава, метаморфизма, окисленности и петрографического состава. Важную роль играют технологические факторы: скорость нагрева, степень измельчения угля, состава шихты.

Отечественной промышленностью выпускается ряд газовых (т.е. предназначенных для адсорбции газов и паров) активных углей. Это марки АГ-2, АР, СКТ, АРТ. Эти марки являются высококачественными гранулированными адсорбентами с очень развитым объемом пор и большой механической прочностью.

Вторая группа активных углей, выпускаемых промышленностью, предназначена для адсорбции из жидкой фазы. Такие угли используются для очистки сахарорафинадных сиропов, обесцвечивания растворов и очистки питьевой и сточных вод. Промышленностью для указанных целей выпускаются угли гранулированные дробленые (марки КАД-иодный, ДАУ, БАУ, ДАК)

(марки АГ-3, АГС-4, АГМ), порошкообразные (марки ОУ, КАД-молотый, УАФ). Эта группа углей кроме высокой удельной поверхности и механической прочности обладает определенным содержанием минеральных примесей. Угли ОУ и БАУ изготавливаются на основе древесного угля, а все остальные марки из каменных углей. [15]

Третья, самая малочисленная группа углеродных адсорбентов, это активные угли – основа катализаторов и химических наполнителей, углеродные носители. Для производства таких углей используются активные угли с повышенным содержанием в структуре макропор и мезопор. Промышленность выпускает следующие марки активных углей этого типа: АР-Д, АГМ, АГ-2, АГ-3.

Процесс активирования углеродсодержащего сырья заключается в селективной термической обработке в соответствующих условиях, для образования в материале многочисленных пор, щелей, трещин. За счет этого увеличивается площадь поверхности пор на единицу массы – удельная поверхность. В промышленности используются химические и парогазовые способы активирования.

1.3 Способы получения активированных углей

1.3.1 Химическое активирование углей

Способ химического активирования применяют для некарбонизованных материалов, к которым относятся торф и древесные опилки. Образование активированного угля происходит под воздействием дегидратирующих агентов при высоких температурах. В этом случае кислород и водород полностью удаляются из углеродсодержащего материала, при этом одновременно происходят карбонизация и активация (обычно при температурах ниже 650°C).

Древесина содержит около 49% кислорода и около 6 % водорода в пересчете на массу сухого обеззоленного продукта. Бурые угли содержат соответственно

25 и 5% этих элементов. В качестве активирующих агентов в технике в основном используются фосфорная кислота, хлорид цинка и сульфид калия.

В качестве активаторов могут быть использованы [1, 6]:

– соли (хлориды, нитраты, карбонаты, сульфаты, сульфиды калия, цинка, кальция, алюминия и другие);

– кислоты-окислители, в качестве которых может выступать фосфорная, серная, азотная и другие кислоты;

– щелочи (гидроксиды калия, натрия, кальция); – многие другие химические вещества, не получившие широкого распространения в настоящее время.

В качестве активирующих веществ при производстве активных углей используются сульфид калия, хлорид цинка и фосфорная кислота.

Активирование угля фосфорной кислотой осуществляют с помощью следующих операций: смешивание тонкоизмельченного сырья с раствором фосфорной кислоты, осушение и последующее нагревание смеси вращающейся печи до 400 – 600°C. Существуют процессы, которые проводятся при более высокой температуре (до 1100°C). При активировании хлоридом цинка 0,4 – 5 частей $ZnCl_2$ в виде концентрированного раствора смешивают с 1 частью сырья и смесь нагревают до 600 – 700°C. Использование хлорида цинка для активирования в последние годы сократилось в связи с проблемой загрязнения окружающей среды.

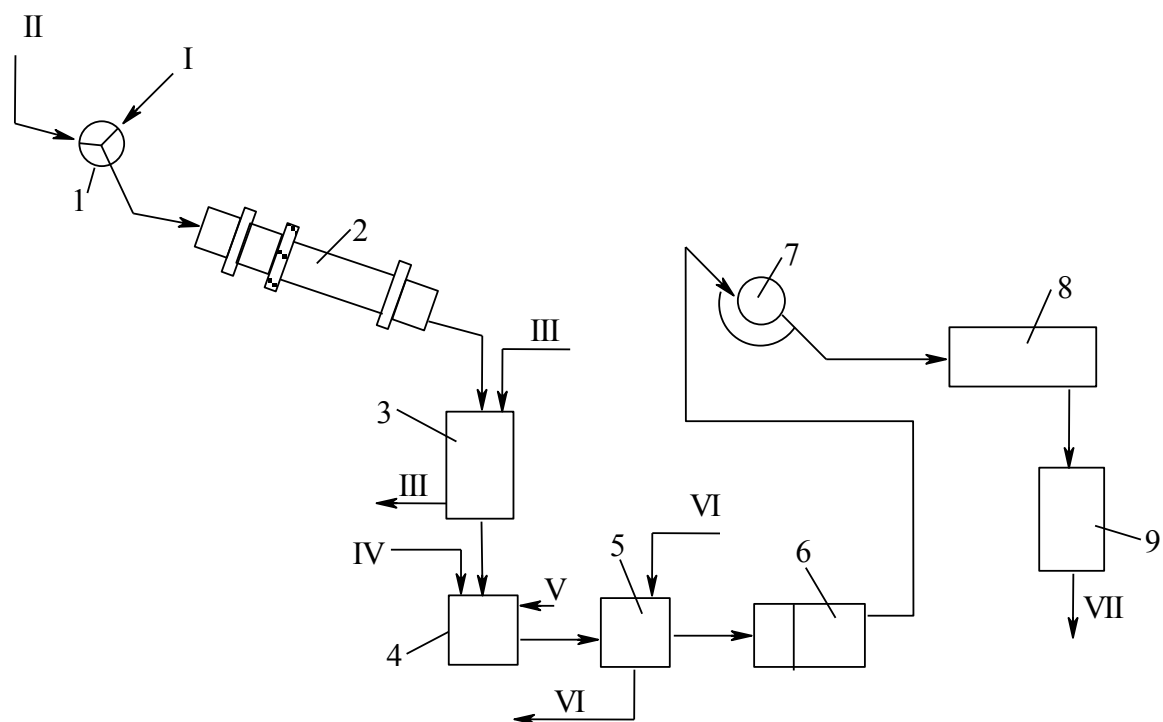


Рисунок – 1.3 Принципиальная схема химического активирования хлоридом цинка: 1 — пропиточный аппарат, 2 — трубчатая печь, 3 — аппарат для выщелачивания, 4 — экстрактор, 5 — отмывочный аппарат, 6 — мельница мокрого помола, 7 — центрифуга, 8 — сушилка, 9 — упаковочный автомат; I — опилки, II — $ZnCl_2$, III — раствор $ZnCl_2$, IV — раствор HCl , V — водяной пар, VI — промывная вода; VII — активированный уголь на склад

При получении древесных активированных углей для медицинских целей используются сульфид калия и смеси гидроксида калия и серы. Активирование производится без доступа воздуха во вращающихся печах при $800 - 900^{\circ}C$. Затем после обработки разбавленной соляной кислотой и отмывания от иона хлора уголь подвергается термической обработке при $500 - 600^{\circ}C$ с целью удаления серы, что увеличивает производственные затраты.

Недостатком способа химического активирования получения активных углей является необходимость регенерации химических реагентов, что

повышает стоимость получаемой продукции. Так же получаемый продукт бывает мягким и порошкообразным.

К достоинствам этого способа относят сравнительно короткое время активирования исходных материалов, большой выход углеродного остатка и хорошие адсорбционные свойства активного угля.

Возможна комбинация химического активирования (например, фосфорной кислотой) и активирования паром и воздухом; хлоридом цинка и затем карбонатом калия и др.

Прочный уголь получается при смешении древесных опилок с сульфонатом лигнина и активирующим агентом и последующем формовании. Химическое активирование углей во вращающейся печи при температуре $\sim 500^{\circ}\text{C}$ в течение 3 ч с применением в качестве активирующих добавок фосфорной кислоты и хлорида цинка позволяет получить формованные продукты, не уступающие по прочности углям, активированным водяным паром.

В определенных случаях применения активных углей весьма нежелательна щелочность, вносимая каталитическими активирующими добавками или уже присутствующая в исходном материале. Ее можно устранить нейтрализацией, например, фосфорной кислотой. Кислотную обработку применяют при получении медицинских углей, в которых содержание золы должно быть минимальным. В таких случаях используют соляную или азотную кислоту. После кислотной обработки необходимо тщательное промывание водой. [16]

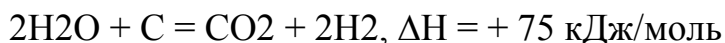
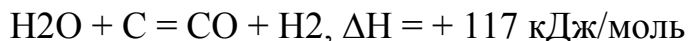
1.3.2 Парогазовое активирование углей

При обработке углеродсодержащих веществ окисляющими газами часть углерода выгорает и удаляется с летучими компонентами. Внутренняя поверхность увеличивается. В качестве окисляющих агентов используются преимущественно водяной пар, диоксид углерода и кислород или воздух. При использовании кислорода требуется соблюдать осторожность, поскольку он

реагирует с углеродом в 100 раз быстрее диоксида углерода, что приводит к обгару частиц угля. При использовании водяного пара для обеспечения высокой скорости реакции необходима температура около 800°C, а при использовании диоксида углерода 900°C.

Окисляющие агенты неодинаково взаимодействуют с углеродом. [1, 6]. Например, процесс активирования кислородом воздуха проводится при температурах 500 – 550 °C; процесс протекает во внутридиффузионной области, что плохо сказывается на развитии поверхности исходного материала. Водяной пар в сравнение с другими активирующими агентами используется чаще, так при его использовании получается материал с высокой удельной поверхностью.

При взаимодействии углерода с водяным паром или диоксидом углерода одновременно протекают следующие реакции:



Эти реакции являются эндотермическими и требуют подвод тепла. Благодаря использованию вращающихся печей или реакторов с кипящим слоем поддерживается постоянное движение частиц угля и осуществляется теплообмен между частицами продукта и активирующим газом [11]. При использовании водяного пара процесс активирования протекает с заметной скоростью при температуре около 800 °C, а в случае диоксида углерода температура поднимается до 900°C.

Температура газа, подводящегося в реактор должна быть выше указанных минимальных значений. За счет сжигания в печи водорода, монооксида углерода, которые выделяются при активировании, достигается значительное улучшение теплового баланса процесса.

Однако большое количество кислорода негативно сказывается на качестве углеродсодержащего материала, так как приводит к угару внешней

поверхности. Поэтому следует избегать избытка кислорода. С другой стороны, оксид углерода и водород снижают скорость реакции водяного пара с углеродом, адсорбируясь на активных центрах на поверхности угля. Следовательно, удаление этих веществ из газовой атмосферы значительно ускоряет процесс активирования[9].

Активирование углеродсодержащих веществ окисляющими газами производится с достаточной скоростью только при температурах 600 – 1000°С. Реакторы, используемые в технике для газового активирования, должны обеспечивать следующие условия:

- нагревание реакционного материала до высокой температуры;
- хороший контакт между углеродсодержащим веществом и активирующими газами;
- легкость подвода тепла, необходимого для реакции;
- высокий термический КПД.

Эти требования обеспечиваются применением разнообразных конструкций реакторов: вращающихся, шахтных, многополочных, с кипящим и движущимся слоями.[10]

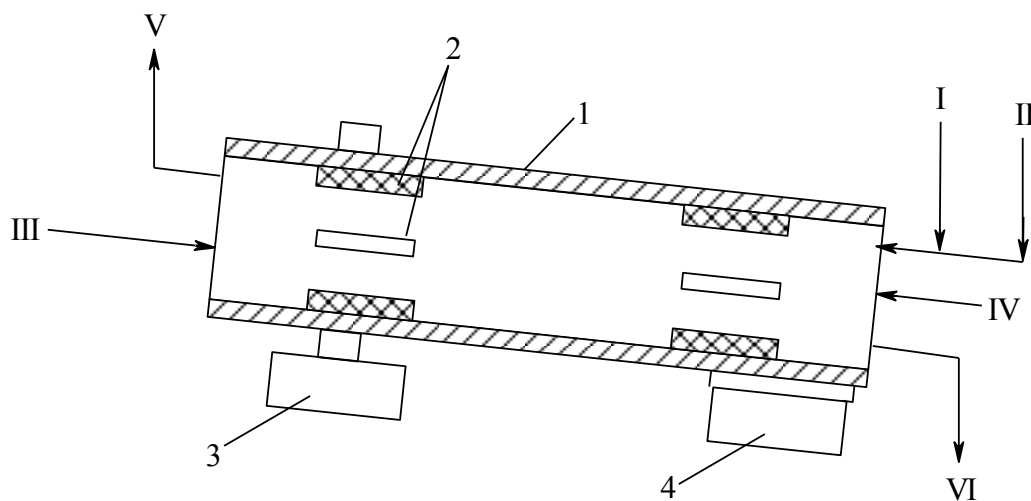


Рис. 1.4 Схема вращающейся печи: 1 — корпус печи, 2 — перемешивающие лопатки, 3 — привод, 4 — опора; I — топливный газ, II — воздух, III —

углеродсодержащее сырье, IV — водяной пар, V — паро-газовая смесь на утилизацию, VI — активный уголь [10]

Для активации зерновых и тонкодисперсных продуктов следует использовать вращающиеся печи. Внутренняя поверхность печи выложена огнеупорным кирпичом. Вращающиеся печи с внутренним обогревом снабжены горелками, питаемыми жидким топливом или газом. Контакт между углеродсодержащим материалом и активирующими газами можно улучшить с помощью перемешивающих устройств. Активируемый материал и газы можно подавать в или в одном направлении. Кроме этого, различают две конструкции: печи с внутренним и внешним обогревом. Для улучшения теплообмена по длине печи расположены отверстия для подвода воздуха или горелки для внешнего обогрева. Насадки для ввода пара, осуществляемого в основном в верхнем конце печи, могут быть подвижными. Это обеспечивает подачу водяного пара к поверхности активируемого материала под различными углами и получение углей с различными размерами пор.

На рис. 1.22 показана схема шахтной печи, используемой в основном для активирования кускового угля, который затем перерабатывается в зернистый или порошкообразный.

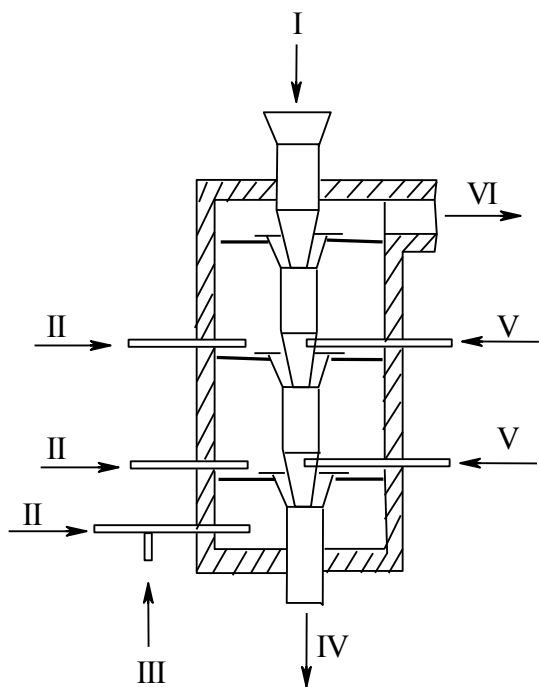


Рис. 1.5 Схема шахтной печи: I — сырье, II — воздух, III — топливный газ, IV — активированный уголь, V — водяной пар, VI — паро-газовая смесь[10]

Шахтные печи состоят в основном из камер, расположенных вертикально одна над другой. Сверху загружается активируемый материал, реакционные газы подаются по каналам, огневой канал (в котором осуществляется сгорание топлива) располагается внизу. Вывод продуктов горения находится в верхней части печи.

Преимущества этого способа: получают чистый продукт, не нуждающийся в дополнительной обработке, отсутствуют вредные стоки и выбросов в атмосферу, доступные и дешевые активирующие агенты (особенно водяной пар). Недостатки: низкий выход готового продукта в расчете на исходное сырье и большая продолжительность процесса.

1.3.3 Метод пиролиза для получения активированного угля

Пиролиз древесины – это разложение древесины при ее нагревании до температуры 450 °С без доступа кислорода. В результате данного процесса образуются газообразные и жидкие (древесная смола) продукты и твердый

остаток — древесный уголь. В основе процесса пиролиза древесины лежат различные свободнорадикальные реакции термодеструкции целлюлозы, лигнина и гемицеллюлоз, протекающие при температурах от 200 до 400°C. Пиролиз древесины - это экзотермический процесс, при котором образуется довольно большое количество теплоты (около 1150кДж/кг).

Технологическая схема пиролиза древесины включает в себя следующие этапы:

- разделка сырья на куски
- сушка разделанной древесины
- пиролиз
- охлаждение и стабилизация угля (для предотвращения самовозгорания);
- полная конденсация паров летучих продуктов

Самой продолжительной и энергоемкой стадией из всех перечисленных выше является сушка древесины до влажности 15%.

Газообразные продукты пиролиза древесины (неконденсирующиеся газы) включают в себя: диоксид углерода CO_2 (примерно 45-55%), оксид углерода CO (28-32%), водород H_2 (1-2%), метан CH_4 (8-21%) и другие углеводороды (1,5-3,0%).

Техника пиролиза древесины достаточно разнообразна, однако большинство используемых в мировой практике устройств безнадежно устарело и не отвечает всем современным требованиям. На данный момент большой популярностью пользуется техника пиролиза древесных опилок. [12]

1.4 Области применения активированных углей

На сегодняшний день активные угли выпускаются в большом количестве и ассортименте и нашли применение в следующих областях:

1. очистка питьевой и сточных вод;

2. очистка оборотных вод на предприятиях;
3. осветление сахарных сиропов; очистка газов и рекуперация паров;
4. получение медикаментов;
5. очистка спиртоводных растворов и вин;
6. использование в качестве катализаторов и носителей катализаторов;
7. в золотодобывающей промышленности для извлечения золота из рабочих растворов.

Рассмотрим области активированных углей подробнее.

1) Очистка питьевой и сточных вод. Уникальность свойств активированных углей и определило разнообразие областей применения данного продукта. Проблема наличия чистых источников питьевой воды, а также длительного хранения её запасов всегда остро стояло перед человеком. С увеличением народонаселения нашей планеты, а также с бурным развитием промышленности, масштабы загрязнения пресных водоёмов значительно возросли, что заставило искать эффективные методы очистки вод. Универсального метода очистки вод от нежелательных примесей не существует, но использование некоторых из них одновременно позволяет достигнуть необходимую степень очистки. Очистка воды нужна для улучшения ее вкусовых качеств, такой процесс называется дезодорацией воды. Сорбционная очистка воды является наиболее эффективным методом удаления из воды ряда органических и неорганических примесей. Этот способ применяется на станциях водоподготовки с первой половины XX века.

Самым радикальным способом очистки воды является ее дистилляция, когда в результате перегонки удаляются все примеси и растворенные соли. Но, как считают ученые-гигиенисты, постоянное употребление такой воды нежелательно, т.к. может привести к нарушению солевого баланса. [10]

Чтобы эффективно очистить воду от примесей и улучшить ее вкусовые качества стоит грамотно использовать фильтры доочистки.

Большое распространение в быту получили фильтры-кувшины, в которых вода проходит через сменный картридж в нижний сосуд. Фильтрующий элемент картриджа содержит активированный уголь и гранулы ионообменной смолы.

2) Применение активных углей в золотодобывающей промышленности.

При прокачивании раствора цианида золота через тонкопористый активный уголь происходит восстановление золота и адсорбция его на угле.

Помимо золота активные угли широко используются для извлечения других металлов. Ряд селективности: $Au > Ag > Fe > Cu > Ni > Co > Zn$

То есть, из раствора лучше будет адсорбироваться золото, по сравнению с металлами, стоящими правее в ряду селективности.

3) Очистка воздуха и газов.

Активные угли широко используются для очистки воздушных сред. Примером является рекуперация паров растворителей посредством адсорбции на активном угле. Типичные растворители, которые можно рекуперировать на активном угле – диэтиловый эфир, ацетон, спирты, бензин, толуол, гексан, бензол, фторсодержащие углеводороды, трихлорэтан, а также сероводород и др.

4) Активированный уголь в медицине.

Уже около 1550 г. до н.э., в старом египетском папирусе упоминалось о применении древесного угля в медицине.

Активированный уголь адсорбирует много токсичных веществ. Считается, что его следует применять на протяжении двух часов с момента отравления. За это время уголь в состоянии связать большую часть токсинов в желудочно-кишечном тракте. Главным образом, активированный уголь используется при разных отравлениях и диарее. Однако действует он не на все токсины.

Уголь также адсорбирует токсины, вырабатываемые бактериями. О его использовании во время лечения антибиотиками нужно проконсультироваться с врачом, потому что кроме токсинов уголь может адсорбировать и лекарства.

Уголь не следует применять в случае отравления сильными кислотами, непищевыми спиртами, растворителями и тяжелыми металлами. Уголь также не адсорбирует некоторые пестициды.

Активированный уголь адсорбирует все вещества и не имеет селективности. Кроме часто заявляемых производителем токсинов и вредных веществ, уголь также адсорбирует полезные и нужные организму вещества. Поэтому уголь нужно разносить по времени с применением других веществ минимум на 2 часа, иначе все лекарства и полезные добавки будут адсорбированы углём. Применять уголь разумно только когда это действительно необходимо, т.е. в случае отравления.[22]

Выводы по главе 1

В результате анализа сведений установлено, что свойства и применение древесного и активного углей зависят от размеров частиц. Представляет научный и практический интерес выявить фракции угля с наибольшей адсорбционной способностью.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования – опытный активный уголь марки БАУ полученный активированием березового древесного угля термообработкой при температуре (850 ± 50) °С.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Метод определения гранулометрического состава

Аналитическую пробу угля массой не менее 100 г высушивают до постоянной массы. Высушенную пробу просеивают через набор сит с отверстиями диаметрами 0,5 мм, 1 мм, 2,5 мм, 4 мм и 5,5 мм.

Остатки на ситах взвешивают и вычисляют содержание фракций с размерами зерен от 0,5 до 5,5 мм.

Просеивание производят ручным или механическим способами. При механическом способе продолжительность просеивания для данного прибора определяется опытным путем. При ручном просеивании пробы определить

окончание просеивание можно встряхивать сита над листом бумаги, когда частицы перестают падать, можно считать просеивание законченным.

По результатам просеивания вычисляют:

а) частный остаток на каждом сите (a_i) в процентах по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} * 100$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г

m – масса просеиваемой навески, г

Результаты просеивания можно записать в виде таблицы учитывая потери. Потери составляют разницу между массой исходной навески и суммой масс остатков на каждом сите.

2.2.2 Метод определения насыпной плотности

Пробу угля перед определением насыпной плотности сушат в сушильном шкафу при температуре 110°C в течение 1,0...1,5 час до постоянного веса. Затем пробу высыпают в предварительно взвешенный цилиндр, цилиндр с пробой встряхивают легким постукиванием о деревянный диск в течение 30 сек в наклонном (70...80°) положении, после чего цилиндр снова взвешивают с точностью до 50 мг. Для анализа отбирают 2 пробы по 5 или 30 см³ (разница их масс должна быть менее 0,5 и 1 г), которые усредняют.

Расчетная формула

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V},$$

где m – масса цилиндра, кг

m_1 – масса цилиндра с пробой, кг

V – вместимость сосуда, м³

Определение насыпной плотности проводят два раза, при этом берут разные порции материала.

2.2.3 Метод определения коэффициента анизотропии.

Анизотропия– различие свойств среды в разных направлениях. В данном случае мы определяем отношения продольного размера к поперечному.

$$K_a = \frac{a}{b}$$

Где K_a – коэффициент анизотропии

a – длинна частицы

b – ширина частицы

2.2.4 Определение влажности

Анализ проводят высушиванием навески угля (около 1 г или более) в бюксе (стеклянном или алюминиевом) до постоянной массы при температуре 100...105°C. При температуре ниже 100°C удаление воды может быть неполным, а при температуре выше 105°C может наблюдаться деградация компонентов древесины, приводящая к потере массы. Методика анализа. Чистый пустой бюкс (вместе с крышкой в открытом виде) высушивают в сушильном шкафу при 103 ± 2 °C до постоянной массы. В бюкс помещают навеску угля массой около 1 г и сушат с навеской в течение 3 ч. Перед извлечением из сушильного шкафа бюкс закрывают крышкой, а затем помещают в эксикатор и после охлаждения взвешивают. Время охлаждения должно быть строго постоянным. Перед взвешиванием крышку бюкса на короткое время приоткрывают, чтобы уравнивать давление воздуха. Повторяют сушку по 1 ч (с последующим охлаждением и взвешиванием) до постоянной массы. Относительную влажность древесины, %, рассчитывают по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100$$

где m — масса пустого бюкса, г;

m_1 — масса бюкса с навеской до высушивания, г;

m_2 — масса бюкса с навеской после высушивания, г.

Расхождение между результатами двух параллельных определений не должно превышать 0,5%.

2.2.5 Определение адсорбционной активности по йоду ГОСТ 16189-70

Аппаратура, реактивы и растворы для анализа адсорбционной активности углей по йоду ГОСТ 16189-70:

цилиндр по ГОСТ 1770 вместимостью 100 см³;

пипетки по ГОСТ 29227 вместимостью 10 см³ и 2 см³;

колбы конические по ГОСТ 25336 вместимостью 50 и 250 см³;

колба мерная по ГОСТ 1770 вместимостью 1000 см³;

аппарат типа АБУ-1 или АБУ-бс или подобного типа для встряхивания жидкости в сосудах с частотой не менее 100 колебаний в минуту;

натрий серноватисто-кислый (натрия тиосульфат 5-водный – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 27068), раствор молярной концентрации $c = 0,1$ моль/дм³;

крахмал растворимый ГОСТ 10163, раствор с массовой долей 0,5 %; вода дистиллированная ГОСТ 6709;

калий йодистый ГОСТ 4232;

йод по ГОСТ 4159.

Раствор йода молярной концентрации $c(1/2\text{I}_2) = 0,1$ моль/дм³ (0,1 н.) в йодистом калии готовят следующим образом: в мерной колбе 25 г йодистого калия растворяют в 50—100 см³ дистиллированной воды, добавляют 12,7 г йода и перемешивают содержимое колбы до полного растворения йода. Затем объем раствора доводят дистиллированной водой до метки.

Проведение анализа

Пробу угля высушивают при 110-115°C в сушильном шкафу или под инфракрасной лампой до постоянной массы. Около 1 г высушенного угля взвешивают (результат взвешивания записывают с точностью до четвертого десятичного знака), помещают в коническую колбу вместимостью 250 см³, добавляют 100 см³ раствора йода в йодистом калии, закрывают пробкой и вручную каждую минуту взбалтывают в течение 30 мин. При наличии механического встряхивания взбалтывание проводят непрерывно в течение 15 мин при интенсивности не менее 100-125 колебаний в минуту. Затем раствору дают отстояться и из колбы пипеткой осторожно, чтобы не попали частички угля, отбирают 10 см³ раствора, помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³ и титруют раствором тиосульфата натрия. В конце титрования добавляют 1 см³ раствора крахмала и титруют до исчезновения синей окраски. Одновременно проводят определение начального содержания йода в растворе, для этого отбирают 10 см³ раствора йода в йодистом калии и титруют раствором тиосульфата натрия, добавив в конце титрования раствор крахмала.

Обработка результатов

Адсорбционную активность угля по йоду (X, %) вычисляют по формуле:

$$X = ((V_1 - V_2) \cdot 0,0127 \cdot 100 \cdot 100) / (10 \cdot m),$$

где V_1 – объем раствора тиосульфата натрия концентрации точно 0,1 моль/дм³ (0,1 н.), израсходованный на титрование 10 см³ раствора йода в йодистом калии, см³;

V_2 – объем раствора тиосульфата натрия концентрации точно 0,1 моль/дм³ (0,1 н.), израсходованный на титрование 10 см³ раствора йода в йодистом калии, после обработки углем, см³;

0,0127 - масса йода, соответствующая 1 см³ раствора тиосульфата натрия концентрации точно 0,1 моль/дм³ (0,1 н.), г;

100 - объем раствора йода в йодистом калии для осветления углем, см³;

m - масса навески угля, г.

За результат анализа принимают среднеарифметическое результатов двух параллельных определений, абсолютное расхождение между которыми не превышает допускаемое расхождение, равное 3%.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ФРАКЦИЙ АКТИВНОГО УГЛЯ

3.1 Определение влаги и гранулометрического состава активного угля

Исследуемую пробу активного угля для уравнивания влажности и доведения ее до равновесного состояния с относительной влажностью воздуха в лаборатории, выдержали на воздухе в течение 24 ч. После этого уголь тщательно перемешали, определили влажность по методике (см. пункт 2.2.3) на двух параллельных пробах:

$$W_1 = \frac{116,32 - 113,1}{116,32 - 15,62} * 100\% = 3,2\%$$

$$W_2 = \frac{116,83 - 113,86}{116,83 - 15,62} * 100\% = 3\%$$

Среднее значение влажности 3,1%, что соответствует требованиям ГОСТ 6517-74 (должно быть не более 10 %).

Для определения гранулометрического состава провели сухой рассев последовательно на ситах с размером ячеек 5,5; 4,0; 2,5; 1,0 и 0,5 мм. Выход фракций представлен в таблице 3.1, внешний вид – на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 – Гранулометрический состав исследуемой пробы БАУ

Фракция, мм	Масса фракции, г	Массовая доля, %
+ 5,5	75,150	68,0
-5,5+4	15,488	14,0
-4+2,5	14,708	13,3
-2,5+1	2,925	2,7
-1+0,5	0,77	0,7
-0,5+0	1,067	1,0
Потери	0,33	0,3



а



б



в



г



д

Рисунок 3.1 – внешний вид фракций угля:

а) +5,5 мм; б) –5,5+4 мм; в) –4+2,5 мм; г) –2,5+1 мм; д) –1+0,5 мм

Из рисунка видно, что чем меньше размеры частиц угля, тем более имеют анизометрическую форму, выше коэффициент анизотропии (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Коэффициент анизотропии фракций угля

Фракция, мм	Коэффициент анизотропии (K_a)
+5,5	1,12
–5,5+4	1,26
–4+2,5	1,34
–2,5+1	2,08
–1+0,5	3,11

3.2 Определение насыпной плотности фракций активного угля

Насыпную плотность определяли по методике, представленной в пункте 2.2.2. Из таблицы 3.3 видно, что с уменьшением размеров частиц насыпная плотность увеличивается от 263,3 до 274,4 г/дм³. Исключение – фракция – 2,5+1 мм. Из таблицы 3.1 видно, что выход фракций менее 2,5 мм незначителен. Поэтому для исследований насыпной плотности и адсорбционной активности

дополнительно измельчили фракцию +5,5 мм вручную валкованием. Видимо, поэтому насыпная плотность фракций 2,5+1 мм +5,5 мм совпадает.

Таблица 3.3 – Насыпная плотность фракций активного угля

Фракция	Насыпная плотность, г/дм ³
+5,5	263,3
-5,5+4	269,9
-4+2,5	274, 4
-2,5+1	263,1
-1+0,5	285, 23

Полученные даже меньшие значения (263 г/дм³) насыпной плотности не соответствуют нормам ГОСТ 6217-74 (не более 240 г/дм³) для марок БАУ-А и БАУ-Ац.

3.3 Исследование адсорбционной активности по йоду

Определение проводились согласно методике, указанной в пункте 2.2.4. По величине адсорбционной активности йода можно судить о содержании в адсорбенте микропор с размерами эффективных диаметров 0,6-1,5 нм, обеспечивающих адсорбционную поверхность сорбента. Свойства и применение активного углей зависят от размеров частиц. Представляет научный и практический интерес выявить наиболее эффективные по адсорбционной активности по йоду фракции активного угля.

Из таблицы 3.4 видно, что с умельчением фракции от +5,5 мм до -4+2,5 мм адсорбционная активность увеличивается с 37,7 до 52,9 %. Как и насыпная плотность адсорбционная активность фракций +5,5 мм и -2,5+1 совпадает.

Максимальная активность получена на фракции -1+0,5 мм – 73 %. Видимо, при дополнительном дроблении происходит вскрытие закрытых пор с

увеличением контактной поверхности. Требование ГОСТ 6217-74 по этому показателю – не менее 60 % для марок БАУ-А и БАУ-Ац.

Таблица 3.4 – Адсорбционная активность различных фракций угля

Фракция	Адсорбционная активность, %
+5,5	37,7
–5,5+4	40,9
–4+2,5	52,9
–2,5+1	32,2
–1+0,5	73,0

Для сравнения и обсуждения результатов все экспериментальные данные представили в сводной таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Характеристика фракций дробленного активного угля

Размер фракции, мм	Выход фракции, %	Коэффициент анизометрии, K_a	Насыпная плотность, г/дм ³	Адсорбционная активность, %
+5,5	68	1,12	263,3	37,7
–5,5+4	14	1,26	269,9	40,9
–4+2,5	13,3	1,34	274,3	52,9
–2,5+1	2,7	2,08	263,1	32,2
–1+0,5	0,7	3,11	285,2	73,0

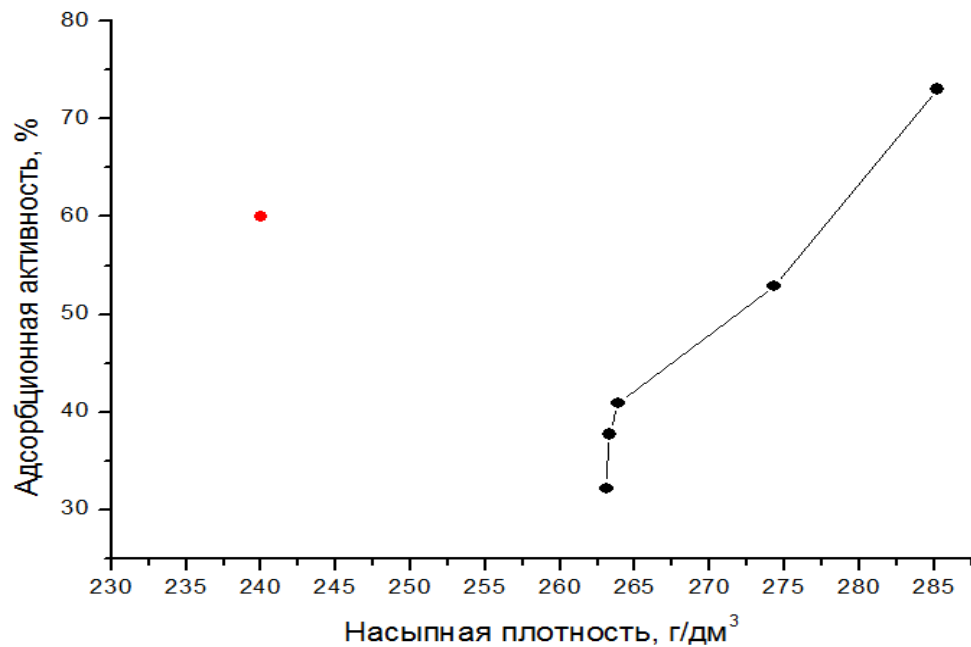


Рисунок 3.2 – Взаимосвязь насыпной плотности и адсорбционной активности активных углей

Красной точкой на графике обозначено значение насыпной плотности и адсорбционной активности для БАУ по ГОСТ 6217-74.

Выводы по главе 3

Исследованиями разных фракций опытного активного угля показано:

Массовая доля влаги в средней пробе составляет 3,1%, соответствует требованиям ГОСТ 6517-74 (должно быть не более 10 %).

Гранулометрический состав преимущественно (95 %) состоит из фракций +2,5 мм, в том числе 68 % фракций +5,5 мм.

Наименьшее значение насыпной плотности (263 г/дм³) не соответствуют нормам ГОСТ 6217-74 (не более 240 г/дм³) для марок БАУ-А и БАУ-Ац.

Адсорбционная активность по йоду фракций +5,5 мм (37,7%); –5,5+4 мм (40,9%); –4+2,5 мм (52,9%) –2,5+1 мм (32,2%) соответствуют требованиям ГОСТ 6217-74 для марки ДАК. Для фракции –1+0,5 мм (73 %) соответствует требованиям для марки БАУ-А (не менее 60 %).

Из полученных данных можно сделать вывод, что данный уголь по требованиям ГОСТ 6217-74 относится к марке ДАК.

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Сетевой график

Сетевой график нужен чтобы определить средства выполнения и затраты на работу.

Сетевой график – это информационная модель, отображающая процесс выполнения комплекса работ, направленных на достижение единой цели. Целью сетевого планирования является воздействие на управление, которое в свою очередь должно осуществлять рациональный режим работы. Управление системой в свою очередь ведется по следующим параметрам: ресурсам, стоимости, времени, а так же технико-экономическим показателям. Более распространены системы, в которых главным параметром является «время».

Если представить управляемую систему в виде модели, то процесс управления значительно упрощается. Сетевой график – это основа управления информацией и основа сетевого планирования. Этот график отражает

взаимосвязи всех операций работы. Он состоит из трех составных частей (главных понятий), таких как «работа», «событие» и «путь».

Работа – это процесс, требующий затрат ресурсов и времени. Работу на сетевом графике обозначают сплошной стрелкой (дугой графа), над которой числом обозначается продолжительность выполнения данной работы. Существует фиктивная работа (ожидание, простая зависимость) – работа, на выполнение которой не расходуются время, ресурсы труда и средства. На графике она отображается пунктирной стрелкой.

Работы в виде стрелки (тогда граф называется ориентированным, или оргграфом) на графике не изображаются в виде векторов, следовательно, обозначаются без масштаба. Любая работа начинается и кончается с «события», которое обозначается кружочком, в котором цифра обозначает название (имя) данного события. Событие – это результат выполнения одной или нескольких работ, который является необходимым для начала последующих работ. Отправная точка для работы- предшествующее событие или причина; конечная точка для работы- это результат.

Отличие события от работы заключается в том, что события совершаются в определенные моменты времени и не используют ресурсов. Начальное событие- это начало выполнения комплекса работ. Конечное событие – это момент завершения всех работ.

Любой сетевой график имеет одно исходное (начальное) и одно завершающее (конечное) событие. Любая работа – стрелка – соединяет только два события.

Событие, из которого стрелка выходит, называется предшествующим данной работе, а событие, в которое стрелка входит, является последующим. Промежуточным событием называется то событие, которое к одной работе является предшествующим, а к другой – последующим. Так же события могут быть простыми и сложными. Простые события имеют по одной входящей и

выходящей точке. Сложные события имеют несколько входящих или несколько выходящих работ. Для расчета сетевых графиков нужно четко разделять простые и сложные события. В случае окончания самой длинной работы, событие можно считать завершенным.

Путем события называется непрерывная технологическая последовательность работ. Такой путь можно считать полным путем. Полных путей бывает несколько. Длина пути определяется продолжительности лежащих на нем работ. Используя метод графиков, можно определить каждый из путей. Это возможно при помощи последовательного выявления элементов каждого пути.

В результате сравнения выбирают путь, в котором продолжительность всех содержащихся работ наибольшая. Такой путь называется критическим.

В таблице 4.1 представлены: перечень работ, их сроки, даты начала и окончания.

Таблица 4.1 – Сетевое планирование

Событие	Дни	Начало	Окончание
1-2 Проведение первой части эксперимента	6	22.05.2018	27.05.2018
2-3 Литературный обзор	10	27.05.2018	05.06.2018
3-4 Оформление результатов в литературном обзоре	5	05.06.2018	09.06.2018
4-5 Проведение второй части эксперимента	5	09.06.2018	13.06.2018
5-6 Оформление раздела «Объекты и методы»	3	13.06.2018	15.06.2018

исследования»			
6-7 Заключительная часть эксперимента	6	15.06.2018	20.06.2018
7-8 Оформление экспериментальной части	3	20.06.2018	22.06.2018
8-9 Оформление экономической части	3	22.06.2018	24.06.2018
9-10 Оформление БЖД	3	24.06.2018	26.06.2018
10-11 Оформление ВКР по нормоконтролю	3	26.06.2018	28.06.2018

Продолжительность проведения эксперимента – 47 дней.

4.2 Оценка стоимости выполнения НИР

Оценка стоимости осуществляется на период выполнения НИР и включает в себя все расходы, затраченные на выполнение данной работы.

Затраты на приобретения необходимых материалов рассчитаны и представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оценка стоимости выполнения работы

Наименование Материала	Единицы измерения	Цена за единицу, руб.	Количество единиц	Стоимость материала
Уголь активный	кг	87	1	87
Йод	кг	4950	0,1	495

кристаллический				
Тиосульфат натрия кристаллический	кг	100	0,1	10
Крахмал	кг	53	0,01	5,3
Халат лабораторный	шт	500	1	500
Бумага А-4	шт	3,4	135	459

Итого: 1556,3 рублей

Вывод по главе 4

Материальные расходы, на проведение научно-исследовательской работы, составили 1556,3 рублей. Продолжительность проведения исследования составила 47 дней.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Общие требования охраны труда при работе в химической лаборатории

Перед выполнением работ были проведены инструктажи, изучены правила по технике безопасности при работе с химическими реактивами и правила оказания первой медицинской помощи.

К работе в лаборатории допускаются лица, прошедшие обучение по технике безопасности, электробезопасности, противопожарной опасности. Запрещается загромождать доступ к выходу, вентиляции, щитам управления.

При несчастном случае пострадавший или очевидец должен выполнить действия следующего характера:

- оказать первую медицинскую помощь пострадавшему и его доставку в медицинское учреждение;
- сообщить о случившемся руководителю лаборатории;

– сохранить обстановку рабочего места и состояние оборудования таким, каким они были в момент происшествия, если это не опасно для жизни.

5.2 Электробезопасность

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.019-79. Работы в лаборатории должны производиться при наличии исправного электрооборудования. При обнаружении дефектов в изоляции проводов, неисправности магнитных пускателей штепселей, розеток, вилок и другой электроустановочной аппаратуры следует сообщить ответственному за противопожарное состояние лабораторий и заведующему кафедрой. Запрещается переносить приборы, находящиеся под напряжением. Запрещается вешать на штепсельные розетки, электровыключатели и электропровода различные вещи.

5.3 Шум

При проведении бакалаврской работе возникают механические шумы, источниками которых являются: приточно – вытяжная вентиляция.

Допустимые шумовые характеристики рабочих зон регламентируются ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.1.012-90 (2001) ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования». Действие шума на организм человека вызывает утомление, резкое снижение работоспособности, головные боли.

Выводы по главе 5

Помещения лаборатории оборудованы в соответствии с требованиями безопасности: в области охраны труда студентов и сотрудников при выполнении ВКР; пожарной безопасности; электробезопасности.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Исследованиями опытного активного угля показано:

Массовая доля влаги в средней пробе составляет 3,1%, соответствует требованиям ГОСТ 6517-74 (должно быть не более 10 %).

Гранулометрический состав преимущественно (95 %) состоит из фракций +2,5 мм, в том числе 68 % фракций +5,5 мм.

Насыпная плотность 263–285 г/дм³, не соответствуют нормам ГОСТ 6217-74 (не более 240 г/дм³) для марок БАУ-А и БАУ-Ац.

Адсорбционная активность по йоду – для фракций +5,5 мм (37,7%); –5,5+4 мм (40,9%); –4+2,5 мм (52,9%) –2,5+1 мм (32,2%) соответствует требованиям ГОСТ 6217-74 для марки ДАК. Для фракции –1+0,5 мм (73 %) – соответствует требованиям для марки БАУ-А (не менее 60 %).

2 Опытный активный уголь по исследованным показателям качества можно отнести к марке ДАК (ГОСТ 6217-74). Наилучшие показатели адсорбционной активности получены на фракции $-1+0,5$ мм, полученной дополнительным измельчением фракции $+5,5$ мм.

3 Работа в химической лаборатории не относится к категории безопасных. Основой для нормальной работы в химической лаборатории может служить лишь сознательное соблюдение каждым сотрудником правил охраны труда.

4 Проведение дипломной работы по выбранной тематике целесообразно и эффективно, так как НИР позволяет предложить новый способ модифицирования удельной межфазной поверхности и, как следствие, повышение сорбционной способности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Романенко К.А., Бубнова А.И. Адсорбционные свойства активных углей термохимической активацией гидролизного лигнина гидроксидом калия. С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова. Архангельск, Россия.2009. 4 с.

2 Фарберова Е.А., Тиньгаева Е.А., Чиркова Н.А., Чучалина А.Д. Сферические углеродные сорбенты на основе полимерных материалов // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 2. С. 44 – 47.

3 Кипле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение/ Пер. с нем.- Л.: Химия, 1984 - 216 с.

4 Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Круглов С. А.Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки: Учеб. пособ.для вузов.-М.:ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. -227 с.

5 Каменщиков, Ф.А., Богомольный, Е.И. Нефтяные сорбенты. - Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2005. - 268 с.

6 Ляпин И.Ф., Кабанов О.В. Динамика адсорбции фенобарбитала в неподвижном слое активированных углей//Успехи химии и химической технологии. 2007.Т.21, №270 С. 124-156.

7 ГОСТ 6217-74. Уголь активный древесный дробленый. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2003

8 ГОСТ 7657-84. Уголь древесный. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2001

9 ГОСТ 24260-80. Сырье древесное для пиролиза и углежжения. – М.: Издательство стандартов, 1994

10 Комарова Т.В. Получение углеродных материалов, учебное издание, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1998. 124 с. Ляпин И.Ф., Кабанов О.В. Динамика адсорбции фенобарбитала в неподвижном слое активированных углей//Успехи химии и химической технологии. 2007.Т.21, №270 С. 124-156.

11 Бутырин Г.М. Высокопористые углеродные материалы. М.: Химия, 1976. 192 с.

12 Хохлова Г.П., Петров И.Я., Сенкевич С.И., Кантеева Н.И., Сивакова Л.Г., Кряжев Ю.Г. Углеродно-волокнистые сорбенты с катионообменными свойствами // ХТТ. 1998. № 1. С.49-54.

13 Лурье А.Л. Сорбенты и хроматографические носители. М.: Химия, 1972. 320 с.

14 Козлов, В.Н. Технология пирогенстической переработки древесины : учеб. пособие для вузов / В.Н. Козлов, А.А. Иимвицкий. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1954. - 619 с.

15 Тарковская, И.А. Окисленный уголь : учеб. пособие для вузов / И.А. Тарковская; Киев: Наукова думка, 1981. - 200 с.

16 Дубинин М.М. Микропористые структуры углеродных адсорбентов. Сообщение 3. Однородные и неоднородные микропористые структуры / М.М. Дубинин // Известия АН СССР. - 1980. - №1, - С. 18-22.

17 Юрьев Ю.Л. Пиролиз древесины. - Екатеринбург: УГЛТА, 1997. -100 с.

18 Wienhaus O., Blossfeld O., Bom M., Zimmer J. Neue Erkenntnisse bei der Erzeugung von Holz- und Aktivkohlen aus Kieferschlagabraum. // Zellst. und Pap. - 1985, 34, №1, s. 32-36.

19 Юрьев, Ю.Л. Древесный уголь : справочник / Ю.Л. Юрьев; Екатеринбург: изд-во «Сократ», 2007. - 184 с.

20 Захаров Л.Н. Техника безопасности в химической лаборатории. Л.:Химия, 1991. – 334 с.

21 Хмелевская Г.Г. Расчет затрат на дипломную научно-исследовательскую работу, ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, Екатеринбург, 2005.

22 Корякин В.И. Термическая переработка древесины. — М.,-Л.: Гослестехиздат, 1948. -164 с.

23 Корякин В.И. Исследования в области технологических процессов пиролиза древесины: Автореф. дис. док. техн. наук. -Л.: 1978. -38 с.

24 Дубинин, М.М. Поверхность и пористость адсорбентов : Основные проблемы теории физической адсорбции: учеб. пособие / М.М. Дубинин; М.: Химии, 1970. - 84 с.

25 Уокер, Ф. Химические и физические свойства углерода : учеб. пособие для вузов / Ф. Уокер; М.: Мир, 1969. - 300 с.

26 Смирнов. А.Д. Сорбционная очистка воды : учеб. пособие для вузов / А.Д Смирнов: Л.: Химия, 1982. - 168 с.

27 Рачинская, В.И. Физико-химические характеристики и структура активных углей из лесосечных отходов хвойных пород Сибири : автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.21.03 / Л, 1987.-22 с.

28 Скриган А.И. Процессы превращения древесины и ее химическая переработка. - Минск: Наука и техника, 1981. - 208 с.

29 Богомоллов Б.Д. Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений. — М.: Лесная промышленность, 1973. — 400 с.