

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра обогащения полезных ископаемых

Составители  
М. С. Клейн  
Т. Е. Вахонина

## **ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Методические указания к самостоятельной работе**

Рекомендованы учебно-методической комиссией  
специальности 21.05.04 Горное дело,  
специализации 06 Обогащение полезных ископаемых,  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензент:

Удовицкий В. И. – профессор, зав. кафедрой обогащения полезных ископаемых КузГТУ

**Клейн Михаил Симхович**

**Вахонина Татьяна Евгеньевна**

**Технологии обогащения полезных ископаемых:** методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс]: для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализации 06 Обогащение полезных ископаемых, всех форм обучения / сост. М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина; КузГТУ – Электрон. издан. – Кемерово, 2019.

Целью методических указаний является оказание методической помощи в самостоятельной работе студентов при изучении дисциплин «Технологии обогащения полезных ископаемых»

© КузГТУ, 2019

© Клейн М. С., Вахонина Т. Е.,  
составление, 2019

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Технологии обогащения полезных ископаемых» является формирование у студентов знаний по технологии переработки и использованию ископаемых углей на основе изучения свойств ископаемых углей, эффективных процессов и технологических схем обогащения углей, современного технологического оборудования с учётом требований по охране окружающей среды, а так же научить студентов определять теоретические и практические показатели обогащения и разрабатывать технологическую схему переработки угля, осуществлять ее аппаратное оснащение, привить навыки проведения самостоятельной научно-исследовательской работы при исследовании обогатимости угля и при разработке оптимальных технологических параметров отдельных процессов переработки углей.

Дисциплина «Технологии обогащения полезных ископаемых» формирует теоретические знания, практические навыки, вырабатывает компетенции, которые дают возможность выполнять следующие виды профессиональной деятельности: производственно-технологическую; научно-исследовательскую; организационно-управленческую.

В области производственно-технологической деятельности целью дисциплины является научить студента эксплуатировать оборудование и технические системы обеспечения эффективной и безопасной реализации технологических процессов при производстве работ по переработке твердых полезных ископаемых; разрабатывать и реализовывать мероприятия по повышению экологической безопасности горного производства; руководствоваться в практической инженерной деятельности принципами комплексного использования георесурсного потенциала недр.

Для ведения организационно-управленческой деятельности дисциплина учит умению проводить технико-экономический анализ с обоснованием принимаемых решений.

Для научно-исследовательской деятельности знание дисциплины «Технологии обогащения полезных ископаемых» позволяет планировать и выполнять теоретические, экспериментальные и лабораторные исследования, обрабатывать полученные результаты с использованием современных информационных технологий; составлять отчеты по научно-исследовательской работе самостоятельно или в составе творческих коллективов; осуществлять патентный поиск, изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Технологии обогащения полезных ископаемых» относится к дисциплинам профессионального цикла СЗ.Б.18 и является логическим продолжением ранее изученных теоретических дисциплин по отдельным методам и процессам разделения минерального сырья, применительно к специфическим особенностям угля, как объекта обогащения.

Настоящая дисциплина предназначена для углубленного изучения особенностей технологии обогащения углей, их переработки и использования в различных отраслях промышленности и опирается на знания, полученные при изучении дисциплин согласно таблице

№ п/п	Наименование дисциплины	Наименование разделов тем, усвоение которых необходимо студентам
1	Гравитационные процессы обогащения	Все разделы
2	Флотационные процессы обогащения	Все разделы
3	Процессы обезвоживания, окомкования и складирования продуктов обогащения	Все разделы

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Технологии обогащения полезных ископаемых»

Освоение дисциплины направлено на формирование:  
общепрофессиональных компетенций

**(ОПК-1)** –способностью решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;  
профессиональных компетенций

**(ПК-12)** –готовностью оперативно устранять нарушения производственных процессов, вести первичный учет выполняемых работ, анализировать оперативные и текущие показатели производства, обосновывать предложения по совершенствованию организации производства;

**(ПК-16)** –готовностью выполнять экспериментальные и лабораторные исследования, интерпретировать полученные результаты, составлять и защищать отчеты;

профессионально-специализированных компетенций

**(ПСК-6.2)** –способностью выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых, составлять необходимую документацию;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- физические и химические свойства полезных ископаемых, их структурно
- механические особенности
- процессы и технологии переработки и обогащения твердых полезных ископаемых
- научную терминологию в области обогащения

**уметь:**

- вести первичный учет выполняемых работ, анализировать оперативные и текущие показатели производства
- интерпретировать полученные результаты, составлять и защищать отчеты
- составлять необходимую документацию

**владеть:**

- готовностью оперативно устранять нарушения производственных процессов
- готовностью выполнять экспериментальные и лабораторные исследования
- способностью выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых

#### **4. Структура и содержание дисциплины «Технологии обогащения полезных ископаемых»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (144 ч + 36 ч на экзамен).

##### **4.1. Содержание разделов дисциплины**

№ раздела	Раздел дисциплины	Содержание раздела
<b>1.</b>	<b>Техническая характеристика углей и их перспективы на рынке энергоносителей [1, 2, 4, 12, 13, 15]</b>	
<b>1.1.</b>	Техническая характеристика и использование углей	Роль и значение обогащения угля. Использование продуктов обогащения угля в различных отраслях промышленности. История развития углеобогащения в России и Кузбассе
<b>2.</b>	<b>Технологические схемы углеобогатительных фабрик [1, 2, 14, 22, 24].</b>	
<b>2.2.</b>	Особенности и схемы обогащения твердого топлива	Особенности обогащения коксующихся и энергетических углей, бурых углей и сланцев. Изображение схем цепи аппаратов, качественно-количественных схем и водно-шламовых схем углеобогатительных фабрик
<b>3.</b>	<b>Обогащение коксующихся углей [1, 2, 3, 14, 20, 21, 23, 24]</b>	

№ раздела	Раздел дисциплины	Содержание раздела
3.3.	Приём, усреднение и подготовка угля к обогащению.	Углеприемные устройства, складирование рядовых углей, усреднение с помощью аккумулирующих бункеров. Предварительное грохочение и дробление крупного угля. Подготовительная классификация и обесшламливание угля для получения машинных классов
<b>Технологические процессы обогащения углей</b>		
3.4.	Гидравлическая отсадка	Отсадочные машины для обогащения угля, настройка и регулировка их работы. Факторы, влияющие на результаты обогащения угля отсадкой
3.5.	Обогащение в тяжёлых средах	Тяжёлосредные сепараторы и гидроциклоны, область и особенности их применения. Регенерация магнетитовой суспензии. Электромагнитные сепараторы. Схемы тяжёлосредных установок и регенерации суспензии.
3.6.	Флотация угольных шламов	Роль и задачи флотации угольных шламов в схемах углеобогащения. Факторы, влияющие на флотацию угля. Подготовка пульпы перед флотацией, реагентный режим, флотационные машины
3.7.	Подготовка пульпы перед флотацией	Подготовка пульпы перед флотацией методом масляной аэроагломерации. Механизм процесса. Промышленная установка масляной аэроагломерации
3.8.	Масляная агломерация угольных шламов.	Теоретические основы процесса. Реагенты и оборудование для агломерации. Технологические схемы масляной агломерации угля. Области применения процесса
4.	<b>Обезвоживание продуктов обогащения угля [2, 14, 20, 21, 23, 24]</b>	
4.9.	Способы обезвоживания	Дренирование, грохочение, центрифугирование, осаждение, фильтрование и сушка. Особенности, аппаратура, схемы и показатели обезвоживания углей различной крупности
4.10.	Использование флокулянтов	Использование флокулянтов для интенсификации процессов обезвоживания угольных шламов и продуктов их разделения. Приготовление рабочих растворов флокулянтов.
4.11.	Обезвоживание отходов флотации	Оборудование и технологические схемы обезвоживания отходов флотации
4.12.	Водно-шламовые схемы углеобогачительных фабрик	Водно-шламовые схемы углеобогачительных фабрик. Их классификация. Использование оборотной и осветленной воды на фабрике. Расчет водно-шламовых схем.
5.	<b>Обогащение энергетических, бурых углей и сланцев [1, 2, 3, 14, 20, 23, 24]</b>	
5.13.	Схемы обогащения и аппаратурное оснащение.	Обогащение угля в противоточных водных сепараторах. Обогащение крупнозернистых угольных шламов в винтовых сепараторах

## 4.2. Лабораторные занятия

Неделя семестра	№ раздела	Наименование работы	Объем в часах/ЗЕ	
			ОФ	ЗФ
5	2	№1. Определение гранулометрического состава угольных шламов и выбор схемы их обработки [1, 2, 6, 16]	4/0,11	-
6	3	№2. Исследование кинетики флотации угольных шламов [1, 2, 6, 16]	4/0,11	2/0,056
7	3	№2. Исследование кинетики флотации угольных шламов [1, 2, 6, 16]	4/0,11	-
8	3	№3. Подготовка пульпы перед флотацией методом масляной агрегации угольных шламов [1, 16]	4/0,11	-
9	3	№4. Обогащение угольных шламов методом масляной агрегации [1,10, 16]	2/0,056	2/0,056
10	2, 3	Текущий контроль: сдача и защита отчетов по лабораторным работам [1, 2, 6, 10, 16]	4/0,11	2/0,056
11	4	№5. Влияние флокулянтов на эффективность обезвоживания флотоконцентрата на вакуум-фильтре [1, 2, 6, 16]	4/0,11	-
12	4	№6. Влияние деструкции молекул флокулянтов на эффективность процессов осветления шламовых вод [1, 2, 6, 16]	4/0,11	1/0,028
13	3, 4	Текущий контроль: сдача и защита отчетов по лабораторным работам [1, 2, 6, 16]	4/0,11	1/0,028
<b>Итого</b>			<b>34/0,94</b>	<b>8/0,222</b>

## 4.5. Самостоятельная работа студента

### 4.4.1. Очная форма обучения

Раздел дисциплины	№ недели	Вид самостоятельной работы студента
1-5	1-13	<i>СИД, КП</i>
3	5-8	Подготовка к лабораторным работам № 1-4 и оформление отчетов [1, 2, 6, 10, 16]
4	9-13	Подготовка к лабораторным работам № 6-8 и оформление отчетов [1, 2, 6, 16]
1-5	14-15	Подготовка к компьютерному тестированию [1, 2, 6, 10, 16, 20, 22]
1-5	16-17	Интернет-ресурсы, конспект лекций

В конце семестра студентам необходимо получить допуск к экзамену. Допуск выставляется по итогам работы на лабораторном практикуме и результатам компьютерного тестирования.

### *Работа с конспектом лекций*

Работа с конспектом лекций заключается в следующем. После изучения каждого раздела дисциплины студент на основании своего конспекта лекций самостоятельно в период между очередными лекционными занятиями производит изучение материала с указанием неясных, непонятных положений лекции. Эти вопросы затем подлежат уяснению на консультациях по курсу, которые предусмотрены учебным планом.

### *Подготовка к выполнению лабораторного практикума*

Программа курса предусматривает выполнение шести лабораторных работ (табл. 3). Подготовка к лабораторным занятиям заключается в работе с конспектом лекций по данной теме, в изучении соответствующего раздела учебника или учебного пособия, в просмотре дополнительной литературы. Выполнение лабораторных работ происходит в лаборатории кафедры «Обогащение полезных ископаемых». Оформление работы выполняется студентом самостоятельно.

### *Контроль самостоятельной работы*

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляет преподаватель в аудитории. Предусматривается использовать следующие виды контроля:

- собеседование;
- устный опрос;
- компьютерное тестирование
- отчет, формат А4.

Результаты контроля СРС используются для оценки текущей успеваемости, проводимой на 5-й, 9-й, 13-й и 17-й неделях семестра при проставлении контрольных точек.

#### **4.4.2. Заочная форма обучения**

Раздел дисциплины	№ недели	Вид самостоятельной работы студента
Раздел 1–5		<i>СИД, КП</i>
	1–17	– работа с литературой [1, 2, 6, 10, 16, 20, 22]
Раздел 1–5	1–17	– выполнение контрольного задания [1, 2, 6, 10, 16, 20, 22]
Раздел 3–5	2–15	Работа с Интернет-ресурсами
Раздел 3, 4	Экзаменационная сессия	Подготовка к лабораторным работам № 3, 6 и оформление отчетов [1, 2, 6, 10, 16]



#### **4.7. Контрольная работа (для студентов заочного обучения)**

Контрольная работа содержит 10 теоретических вопросов и практическое задание. Темы теоретических вопросов отражают содержание разделов:

1. Техническая характеристика углей и их перспективы на рынке энергоносителей [1, 2, 4, 12, 13, 15].
2. Технологические схемы углеобогатительных фабрик [1, 2, 14, 20, 22].
3. Обогащение коксующихся углей [1, 2, 3, 14, 20, 21, 22].
4. Обезвоживание продуктов обогащения угля [2, 14, 20, 21, 22].
5. Обогащение энергетических, бурых углей и сланцев [1, 2, 3, 14, 20, 22].

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Раздел 1.1. Техническая характеристика углей и их перспективы на рынке энергоносителей

Ископаемые угли – это твердые горючие вещества органического происхождения. По степени углефикации различают бурые и каменные угли, антрациты. Ископаемые угли неоднородны по своему составу и строению, имеют различные физические и химические свойства. Петрографический состав и свойства углей влияют на выбор технологии обогащения и направления дальнейшего использования углей. Поэтому необходимо знать из каких ингредиентов и микрокомпонентов состоит уголь, а также наиболее важные физические и химические его свойства: выход летучих веществ, теплота сгорания, плотность, зольность, толщина пластического слоя, влага рабочего топлива и др.

В зависимости от физико-химических свойств и возможности использования для технологических или энергетических целей существуют различные классификации углей. Необходимо знать классификацию углей по генетическим и технологическим параметрам, в которой в качестве основных классификационных параметров приняты показатель отражения витринита, высшая теплота сгорания и выход летучих веществ. Следует ознакомиться с классификацией углей по размерам кусков и с международной системой кодификации углей. Обогащаемость характеризует способность углей к разделению на соответствующие продукты. Имеются различные способы оценки обогащаемости. В настоящее время оценку обогащаемости проводят по отношению суммарного выхода промежуточных фракций к выходу беспородной массы.

Эффективное использование углей различных марок, особенно для технологических целей, возможно только при их обогащении, так как повышенная зольность и сернистость значительно снижают полезность углей, вообще делают их непригодными к использованию. Все это вызывает необходимость не только обогащения углей, идущих на коксование, но и обогащение углей, предназначенных для энергетических и специальных целей. Поэтому необходимо последовательное увеличение объема обогащения углей путем строительства новых фабрик, повышения мощности и технического перевооружения действующих предприятий, применения новых высокоэффективных процессов и аппаратов.

[1, с. 2-19; 2, с. 9-19; 3, с. 7-38]

Вопросы для самопроверки

1. Какие петрографические составляющие и микрокомпоненты входят в состав угля?
2. Каковы современные представления о происхождении углей?

3. Кратко опишите основные физические и химические свойства каменных углей.
4. На какие марки и по каким признакам делятся угли в промышленной классификации?
5. Как оценивается обогатимость углей?
6. В каких отраслях промышленности используется уголь?
7. Чем объясняется необходимость обогащения угля перед использованием в промышленности?
8. Роль угля для обеспечения энергетической безопасности страны.

## **Раздел 2.2. Технологические схемы углеобогатительных фабрик**

Углеобогатительные фабрики значительно отличаются друг от друга применяемыми технологическими схемами и их аппаратурным оснащением, что обусловлено характеристикой обогащаемого угля и требованиями к качеству и ассортименту выпускаемых продуктов обогащения. Основными отличительными признаками технологических схем являются: охват механическим обогащением классов крупности исходного угля, качество и ассортимент товарных продуктов обогащения.

Следует знать особенности технологических схем обогащения коксующихся и энергетических углей, бурых углей и сланцев, уметь изображать их в виде схем цепи аппаратов и качественно-количественных схем.

[1, с. 26-27; 2, с. 20-32; 3, 101-127]

Вопросы для самопроверки

1. От каких факторов зависит глубина обогащения угля и ассортимент получаемых продуктов обогащения?
2. Какие существуют способы представления схем обогатительных фабрик?
3. Назначение водно-шламовых схем углеобогатительных фабрик?

## **Раздел 3.3. Прием, усреднение и подготовка угля к обогащению**

Схема углеприемных устройств и оснащение их оборудованием для аккумуляирования рядовых углей зависят от типа обогатительных фабрик, характеристики обогащаемого сырья и назначения товарных продуктов обогащения. Углеприем и складирование поступающих рядовых углей производится в углеподготовительных отделениях обогатительных фабрик. Здесь осуществляется разгрузка угля из железнодорожных вагонов с помощью вагоноопрокидывателей, отделение металлических и других посторонних предметов для защиты механизмов от поломок, дробление

крупных кусков угля до крупности, предусмотренной технологией обогащения фабрики. Кроме того, производится подготовка угля к обогащению, которая заключается в усреднении рядового угля с помощью аккумулирующих бункеров с целью получения однородной по качеству смеси, составленной из углей различных марок, а также подготовительная классификация для получения машинных классов угля, поступающих на различные процессы обогащения.

[1, с. 35-100; 20, с. 12-45; 24, с. 80-165]

Вопросы для самопроверки

1. Какие факторы влияют на выбор схемы углеподготовки?
2. Какие типы вагоноопрокидывателей применяются на фабриках?

Их достоинства и недостатки.

3. Роль аккумулирующих бункеров на обогатительных фабриках.
4. Назначение подготовительной классификации.
5. Какие виды оборудования используются в углеподготовительных отделениях обогатительных фабрик?

### **Раздел 3.4. Технологические процессы обогащения углей.**

#### **Гидравлическая отсадка**

В настоящее время и ближайшие годы основными процессами обогащения углей будут: для обогащения крупного и мелкого угля – обогащение в тяжелых средах и гидравлическая отсадка; для крупных угольных шламов – обогащение в спиральных сепараторах. В этих методах при отделении угля от породы используется разница в их плотностях. В зависимости от свойств перерабатываемых углей и требований к качеству продуктов обогащения возможны различные сочетания процессов обогащения. Для правильного выбора технологической схемы обогащения угля необходимо знать область применения, достоинства и недостатки отдельных процессов обогащения.

Методом гидравлической отсадки можно обогащать уголь крупностью более 0,5 мм различной категории обогатимости. Разделение минералов по плотности в отсадочных машинах происходит на решетке под действием вертикальных пульсирующих потоков воды с выделением, обычно, трех продуктов. На углеобогатительных фабриках применяются беспоршневые отсадочные машины различных конструкций.

[1, с. 27, 61-78; 2, с. 170-210]

Вопросы для самопроверки

1. Какие типовые схемы обогащения угля вы знаете?
2. Какие достоинства и недостатки процесса обогащения угля гидравлической отсадкой?

3. Оперативные факторы регулировки работы отсадочных машин?
4. Какие способы и устройства используются в современных отсадочных машинах для создания пульсаций воды и разгрузки тяжелых продуктов?
5. Каким образом осуществляется автоматический контроль и управление работой отсадочной машины?

### **Раздел 3.5. Обогащение угля в тяжелых средах**

Обогащение в тяжелых средах – это наиболее эффективный метод обогащения угля, который применяется при переработке труднообогащаемых углей. Для обогащения крупных классов угля используются тяжело-средние сепараторы, в которых разделение происходит под действием силы тяжести. Мелкие и средние классы угля разделяются в тяжелосредних гидроциклонах под действием центробежной силы. И в сепараторах, и в гидроциклонах разделительной средой является магнетитовая суспензия. Регенерация суспензии осуществляется в электромагнитных сепараторах.

При изучении этой темы следует уяснить принципы разделения минералов этим методом обогащения, знать конструктивные особенности, достоинства и недостатки применяемого современного оборудования, уметь нарисовать типовые технологические схемы обогащения, схемы цепи аппаратов, схемы регенерации магнетитовой суспензии.

[1, с. 28-61; 2, с. 119-169; 20, с. 133-135]

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение методу обогащения угля в тяжелых средах.
2. Какие требования предъявляются к утяжелителям?
3. Какие преимущества имеет обогащение угля в тяжелосреднем гидроциклоне перед другими методами?
4. Нарисуйте схему регенерации магнетитовой суспензии.

### **Раздел 3.6. Флотация угольных шламов**

В настоящее время флотация на углеобогажительных фабриках является не только одним из основных технологических процессов обогащения шламов крупностью менее 0,5 мм, но и процессом, позволяющим своевременно выводить тонкий илистый материал из водно-шламовой схемы, что в конечном итоге создает лучшие условия для процесса обогащения угля в целом. Процесс флотации основан на различии физико-химических свойств поверхности твердых частиц. Наибольшее значение имеет избирательная смачиваемость водой (гидратация) различных по природе частиц угля и породы. Флотация – сложный процесс и на его эффективность влияет большое число технологических факторов: подготовка пульпы, грану-

лометрический и фракционный составы исходного материала, содержание твердой фазы в пульпе, время флотации, степень аэрации пульпы, реагентный режим.

В качестве реагентов при флотации угля применяют аполярные собиратели и вспениватели, расход которых может меняться в довольно широком диапазоне. В угольной промышленности наиболее широкое применение получили флотационные машины механического типа, реже – пневмомеханические и пневматические машины. На большинстве фабрик применяются прямые схемы флотации и лишь в некоторых случаях с перемешивающими операциями.

Современные автоматические системы контроля и регулирования флотационного процесса предусматривают обычно стабилизацию двух параметров: расхода реагентов в зависимости от производительности и уровня пульпы в машинах.

[1, с. 90-119; 2, с. 233-279; 20; 21; 24]

Вопросы для самопроверки

1. На каком принципе основано разделение угольных и породных частиц при флотации?
2. Почему не флотируются угольные частицы крупностью более 1 мм?
3. Как влияет гранулометрический состав на результаты флотации?
4. Назовите реагенты для флотации угля, способы подачи их в пульпу и расход.
5. Какие требования предъявляются к машинам для флотации угля?
6. Укажите преимущества механических флотомашин.
7. Какое вспомогательное оборудование необходимо использовать при флотации угля?
8. Чем обусловлена возможность применения прямых схем флотации?
9. Каким образом автоматизирован процесс флотации?

### **Раздел 3.7. Подготовка пульпы перед флотацией методом масляной аэроагломерации**

Для интенсификации флотации шламовых вод с высоким содержанием тонких шламов можно использовать способ подготовки пульпы, обеспечивающий снижение количества мельчайших частиц угля в пульпе за счет гидрофобной агрегации их масляными реагентами. Для достижения высокой степени агрегации микрочастиц угля маслом необходимо интенсивное перемешивание суспензии в течение некоторого времени и достаточная площадь поверхности раздела масло–вода. Увеличение поверхности раздела масло-вода без увеличения расхода масла достигается введе-

нием в суспензию дополнительных центров агрегации мелких частиц, в качестве которых можно использовать омасленные пузырьки воздуха, на которых закрепляются частицы угля, образуя устойчивые углемасляные аэрокомплексы.

Показатели флотации угольных шламов после проведения масляной аэроагломерации (МАО) свидетельствуют о более высокой скорости флотации и повышении извлечения в концентрат как мелких, так и крупных частиц угля. Высокая степень агрегации угольных частиц (40–60%) при проведении МАО в промышленных условиях достигается при диссипации энергии, затрачиваемой на перемешивание пульпы, более 5 Вт/кг, времени процесса 2-3 минуты и газосодержании 8–12 %.

Технология очистки шламовых вод с последовательным использованием процессов МАО и флотации позволяет сократить расход аполярного собирателя, увеличить производительность флотомашин, снизить потери угля с отходами флотации и уменьшить влажность осадка вакуум-фильтров.

[1, с. 96-100].

Вопросы для самопроверки

1. Механизм образования углемасляных аэрокомплексов.
2. Какие достоинства и недостатки процесса МАО?
3. Роль пузырьков воздуха в процессе МАО.
4. Оптимальные параметры процесса МАО.
5. Схема промышленной установки МАО.

### **Раздел 3.8. Масляная агломерация угольных шламов**

Селективная масляная агломерация угольных шламов – сравнительно новый технологический процесс, основанный на различном смачивании угольных и породных частиц масляными реагентами в водной среде. Сущность процесса заключается в селективном образовании углемасляных агрегатов при перемешивании пульпы в присутствии углеводородного связующего. К достоинствам процесса можно отнести высокую селективность при разделении частиц менее 100 мкм, широкий диапазон зольности обогащаемого угля, возможность вести процесс при высокой плотности пульпы, эффективное обезвоживание концентрата.

Универсальность метода масляной агломерации угольных шламов открывает широкие перспективы использования его при очистке шламовых вод углеобогащительных фабрик, для утилизации шламов с гидроотвалов и обогащения шламов энергетического угля, при подготовке угольной шихты к коксованию и к брикетированию со связующими.

[1, с. 119-124; 10]

Вопросы для самопроверки

1. Какой механизм образования углемасляных агрегатов?
2. Укажите достоинства и основной недостаток масляная агломерация угольных шламов.
3. Какая влажность концентрата после обезвоживания на грохоте?
4. Технологические параметры процесса масляной агломерации угольных шламов.

#### **Раздел 4.9. Дренирование, грохочение, центрифугирование, осаждение, фильтрование и сушка**

На углеобогатительных фабриках применяются следующие методы обезвоживания: дренирование – удаление влаги под действием гравитационных сил при обезвоживании крупного угля; грохочение – удаление влаги под действием гравитационных и инерционных сил при обезвоживании крупного и мелкого угля; центрифугирование – удаление влаги под действием центробежных сил в фильтрующих центрифугах при обезвоживании мелкого угля и в осадительных центрифугах при обезвоживании угольных шламов; осаждение в воде и уплотнение осадка под действием гравитационных сил в сгустителях; фильтрование через пористую перегородку – удаление влаги за счет разности давлений на вакуум-фильтрах, гипербар-фильтрах, фильтр-прессах при обезвоживании шламовых продуктов; естественная и термическая сушка.

Термическая сушка заключается в удалении влаги из углей и продуктов обогащения путем ее испарения горячим воздухом или дымовыми газами. На углеобогатительных фабриках термической сушке подвергаются флотоконцентрат, мелкий концентрат, шлам и мелкий промпродукт. Для сушки применяются барабанные сушилки, трубы сушилки, сушилки с кипящим слоем, где в качестве сушильного агента и теплоносителя используются продукты горения твердого и газообразного топлива. Для предотвращения уноса угля с дымовыми газами и загрязнения воздушного бассейна служит обычно трехступенчатая система пылеочистки: разгрузочные аппараты, сухие и мокрые пылеуловители.

Сушильные установки взрывоопасны, поэтому студентам следует особое внимание уделить основным условиям безопасной работы сушилок.

[2, с. 293-394; 20, с. 318-331; 24, с. 504-553]

Вопросы для самопроверки

1. Какие методы применяются для обезвоживания крупных, мелких классов углей, угольных шламов?
2. Какова влажность продуктов обогащения после обезвоживания различными методами?



3. Укажите основные типы и область применения центрифуг?
4. Какая влага удаляется при термической сушке?
5. Достоинства и недостатки отдельных сушилок.
6. Какие аппараты используются для пылеочистки?
7. Каковы основные условия безопасной работы сушилок?

#### **Раздел 4.10. Использование флокулянтов для интенсификации процессов обезвоживания**

Для интенсификации операций осветления и сгущения шламовых вод и отходов флотации, а также для повышения эффективности фильтрования продуктов обогащения применяется процесс флокуляции с использованием флокулянтов. *Флокулянты* – природные или синтетические **высокомолекулярные** химические соединения, которые при введении в дисперсные системы могут образовывать связи между частицами твердой фазы и вызывать ускоренное осаждение частиц.

Флокуляция основана на действии высокомолекулярных материалов, где они физически формируют мостик между двумя или несколькими частицами. По своей химической структуре молекулы флокулянта представляют собой углеводородные цепи с боковыми группами, которыми закрепляются на поверхности частиц флокулируемых суспензий. Возникающие агрегаты – флокулы, скрепленные механическими связями – мостиками (отсюда название рассматриваемого процесса «мостиковая» флокуляция).

В качестве флокулянтов используются анионоактивные, катионоактивные и неионогенные полимеры. Эффективность процесса флокуляции зависит от свойств флокулянта, гранулометрического и вещественного состава твердой фазы, условий подачи и контакта раствора флокулянта с суспензией.

[2, с. 366-370; 21, с. 451-464]

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается механизм действия флокулянтов?
2. Какие флокулянты применяют на углеобогатительных фабриках?
3. Как влияет на процесс флокуляции гранулометрический и вещественный состав твердой фазы?
4. Схемы приготовления рабочих растворов флокулянтов.
5. Область применения флокулянтов.

#### **Раздел 4.11. Оборудование и технологические схемы обезвоживания шламовых вод и отходов флотации**

На современных углеобогатительных фабриках обезвоживания шламовых вод и отходов флотации осуществляют по схемам, которые обычно

включают классификацию в гидроциклонах, сгущение слива гидроциклонов и обезвоживание сгущенного продукта в ленточных и камерных фильтр-прессах с использованием флокулянтов. Слив сгустителей направляется в оборот.

Кроме того, необходимо обратить внимание на различные технологические схемы обработки и складирования отходов флотации и схемы очистки жидкой фазы шламовых вод от твердых частиц с целью многократного ее использования.

[2, с. 370-373; 20, с. 272-309]

Вопросы для самопроверки

1. Технологические параметры процессов сгущения и обезвоживания на фильтр-прессах.
2. Нарисуйте схемы обработки и складирования отходов флотации.
3. Достоинства и недостатки ленточных и камерных фильтр-прессов.
4. Какие флокулянты применяют при обезвоживании шламовых вод и отходов флотации?

#### **Раздел 4.12. Водно-шламовые схемы углеобогатительных фабрик**

Улавливание шламов, их обработка и регенерация технологической воды являются важнейшими операциями, определяющими эффективность обогатительных процессов и затраты на обогащение угля, а также предотвращение загрязнения окружающей среды, особенно водоемов и рек.

Применяемые на углеобогатительных фабриках водно-шламовые схемы классифицируются в зависимости от глубины и полноты осветления шламовых вод. Следует знать основные принципы построения и тенденции развития водно-шламовых схем.

[3, с. 118-119; 20, с. 216-244; 25, с. 136-186]

Вопросы для самопроверки

1. Каково назначение водно-шламовых схем?
2. Какие типы водно-шламовых схем применяются на фабриках? Их достоинства и недостатки.
3. Нарисуйте водно-шламовую схему современной обогатительной фабрики.

### **Раздел 5.13. Обогащение энергетических, бурых углей и сланцев**

Процессы, технологические схемы обогащения энергетических, бурых углей и сланцев и их аппаратное оснащение. Требования к качеству продуктов обогащения.

Обогащение в спиральных сепараторах используется для обогащения зернистых шламов с минимальной крупностью 0,2 мм, как в схемах действующих фабрик, так и на специально создаваемых установках для извлечения горючей массы из шламовых отстойников и илонакопителей. Принцип обогащения в спиральных сепараторах заключается во взаимодействии сил, возникающих при прохождении пульпы по днищу винтового желоба. На частицы обогащаемого угля одновременно действуют силы тяжести и трения, центробежная и гидродинамические силы потока. В результате сочетания этих сил достигается возможность разделения обогащаемого материала по плотности, крупности и форме.

Обогащение методом противоточной водной сепарации осуществляется в шнековых и крутонаклонных сепараторах. Этот метод обогащения разубоженной горной массы и механизированного удаления породы из горной массы применяется на шахтах и карьерах.

[2, с. 217-224; 3, с. 308-318; 14; 17]

Вопросы для самопроверки

1. В чем различие схем обогащения энергетических и коксующихся углей?
2. Какое место в технологических схемах УОФ занимают спиральные сепараторы и какие преимущества имеют такие схемы?
3. В чем заключается принцип обогащения угля методом противоточной сепарации? Его достоинства и область применения.

### **КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ**

Студенты выполняют контрольную работу, состоящую из 8 вопросов и задачи по различным темам. Изучение вопросов и выполнение работы производится в течение семестра, в котором изучается эта дисциплина и сдается перед сессией на проверку преподавателю.

В работе приводится содержание с указанием номера вопроса и номера страницы с ответом на этот вопрос. Решения и ответы должны быть изложены четко и с обязательной ссылкой на использованные литературные источники.

Задачи и вопросы по выполнению контрольной работы выбираются по вариантам, соответствующим последней цифре шифра зачетной книжки.

Последняя цифра шифра	0–1	2–3	4–5	6–7	8–9
Вариант	1	2	3	4	5
Номера задач и вопросов	1, 6, 11, 12, 17, 22, 27, 32, 37	2, 7, 11, 13, 18, 23, 28, 33, 37	3, 8, 11, 14, 19, 24, 29, 34, 37	4, 9, 11, 15, 20, 25, 30, 35, 37	5, 10, 11, 16, 21, 26, 30, 36, 37

### Вопросы и задачи

1. Укажите основные направления технического прогресса в углеобогащении.
2. Объясните, чем вызвана необходимость обогащения углей перед дальнейшим их использованием. Приведите примеры.
3. Происхождение и свойства каменных углей.
4. Органическая и минеральная части каменных углей.
5. Петрографический состав каменных углей.
6. Опишите основные физические свойства каменных углей.
7. Опишите основные химические свойства каменных углей.
8. Технологическая классификация углей.
9. Международная классификация углей.
10. Охарактеризуйте основные способы оценки обогатимости углей.
11. По данным фракционного анализа определите обогатимость углей. Рассчитайте выход и зольность трех продуктов обогащения при плотностях разделения 1500 и 1800 кг/м<sup>3</sup>.

Плотность фракций, кг/м <sup>3</sup>	Вариант									
	1		2		3		4		5	
	$\gamma$ , %	A <sup>d</sup> , %	$\gamma$ , %	A <sup>d</sup> , %	$\gamma$ , %	A <sup>d</sup> , %	$\gamma$ , %	A <sup>d</sup> , %	$\gamma$ , %	A <sup>d</sup> , %
–1300	61,0	6,2	66,6	4,9	55,9	4,8	39,5	3,6	48,6	3,7
1300-1400	12,4	13,2	10,1	11,7	9,4	10,1	32,6	6,8	30,8	7,8
1400-1500	5,2	21,5	4,3	19,7	7,6	18,6	8,3	10,3	4,7	17,2
1500-1600	3,4	30,8	3,4	27,2	3,3	30,0	3,7	29,2	4,7	35,1
1600-1800	2,6	41,6	3,9	42,6	3,1	45,9	3,7	44,0	3,7	51,5
+1800	14,4	82,5	11,7	75,0	20,7	75,2	12,2	72,1	7,5	77,6
Итого	100	20,8	100	16,6	100	23,0	100	16,0	100	14,4

12. Классификация технологических схем обогащения угля.
13. Укажите основные признаки схем обогащения коксующихся углей.
14. Укажите основные признаки схем обогащения энергетических углей.
15. Укажите основные признаки схем обогащения бурых углей и сланцев.
16. Назовите основные факторы, влияющие на выбор схемы углеподготовки.

17. Укажите, какие операции выполняются в отделении подготовки угля.
18. Перечислите основное оборудование, используемое для углеподготовки.
19. Кратко опишите процессы, применяемые для обогащения углей.
20. Достоинства и недостатки, область применения процессов обогащения углей.
21. Какие сочетания процессов обогащения встречаются в технологических схемах углеобогатительных фабрик?
22. Укажите факторы, влияющие на работу отсадочных машин. Оперативная регулировка работы отсадочных машин.
23. Требования к утяжелителям и свойства суспензии.
24. Сепараторы для обогащения угля методом противоточной водной сепарации, область их применения.
25. Технологические факторы процесса флотации углей.
26. Автоматизация флотационных машин. Система стабилизации удельного расхода реагентов.
27. Реагенты, применяемые при флотации углей.
28. Кратко опишите основные методы обезвоживания продуктов обогащения углей.
29. Основы процесса флокуляции угольных шламов.
30. Факторы, влияющие на процесс флокуляции.
31. Дайте характеристику флокулянтов, применяемых при обезвоживании продуктов обогащения углей.
32. Укажите основные способы обработки и складирования отходов флотации.
33. Назначение водно-шламовых систем и принципы построения схем обработки шламовых вод.
34. Классификация водно-шламовых схем.
35. Угольные шламы и их свойства.
36. Опишите механизм удаления влаги из углей в процессе сушки.
37. Нарисуйте схему устройства и опишите принцип действия и область применения одного из современных аппаратов для обогащения углей.

Вариант 1. Тяжелосредный сепаратор.

Вариант 2. Тяжелосредный гидроциклон.

Вариант 3. Отсадочная машина.

Вариант 4. Крутонаклонный сепаратор.

Вариант 5. Механическая флотомашина.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Клейн, М. С. Технология обогащения углей [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов специальности 130405 «Обогащение полезных ископаемых» / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полез. ископаемых. – Кемерово, 2011. – 128 с. /<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90655&type=utchposob:common/>
2. Авдохин, В. М. Обогащение углей. Т. 1. Процессы и машины : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело». – Москва : Горная книга, 2012. –424 с.
3. Авдохин, В. М. Обогащение углей. Т. 2. Технологии : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело». – Москва : Горная книга, 2012. –475 с.

### Дополнительная литература

4. Мастепанов, А. М. Топливо-энергетический комплекс России на рубеже веков: состояние, проблемы и перспективы развития [Электронный ресурс]: в 2 т. Т. 1, 2. –Москва: Энергия, 2009. –1 электрон. опт. диск (CD-ROM) / <http://www.biblioclub.ru/book/58379/>  
<http://www.biblioclub.ru/book/58345/>
5. Авдохин, В. М. Основы обогащения полезных ископаемых. Т. 1. Обогащительные процессы [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых». – Москва : Горная книга, 2008. –423 с. / <http://www.biblioclub.ru/book/100028/>
6. Практикум по обогащению полезных ископаемых: учеб. пособие для вузов/под ред. Н. Г. Бедраня. – Москва: Недра, 1991. – 526 с.
7. Обогащение полезных ископаемых. Комплексное использование сырья, продуктов и отходов обогащения [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 090200 «Подзем. разработка месторождений полез. ископаемых» / А. В. Ремезов [и др.]; ГОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т». – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2006. –327 с. /<http://www.iqlib.ru/book/preview/69B1ACCF570D44728DAA0076C022CB0E/>
8. Авдохин, В. М. Основы обогащения полезных ископаемых. Т. 1. Обогащительные процессы: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых». – Москва: МГГУ, 2006. – 417 с.
9. Абрамов, А. А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: в 3 т. Т. 2. Технология обогащения

полезных ископаемых : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Горное дело» по специальности «Обогащение полезных ископаемых». – Москва: МГГУ, 2004. –510 с.

10. Обогащение ультратонких углей / А. Т. Елишевич, Н. Д. Оглоблин, В. С. Белецкий, Ю. Л. Папушин. – Донецк: Донбасс. 1986. – 64 с.

11. Елишевич, А. Т. Брикетирование полезных ископаемых: учебник для вузов. – Москва: Недра, 1989. –300 с.

12. Агроскин, А. А. Химия и технология угля: учеб. пособие для вузов по специальности «Обогащение полезных ископаемых». – Москва: Недра, 1969. – 237 с.

13. Тайц, Е. М. Методы анализа и испытания углей / Е. М. Тайц, И. А. Андреева. – Москва: Недра, 1983. – 301 с.

14. Бедрань, Н. Г. Обогащение углей: учебник для вузов. – Москва: Недра, 1988. – 206 с.

15. Химия и переработка угля / под ред. В. Г. Липовича. – Москва: Химия, 1988. – 336 с.

### **Методическая литература**

16. Клейн, М. С. Технология обогащения полезных ископаемых [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам для обучающихся специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Обогащение полезных ископаемых», всех форм обучения / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, Кафедра обогащения полезных ископаемых. – Кемерово: КузГТУ, 2019. – 36 с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=1576/>.

17. Клейн, М. С. Технология обогащения полезных ископаемых [Электронный ресурс] : методические указания к курсовому проекту для обучающихся специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Обогащение полезных ископаемых», всех форм обучения / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина ; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, Кафедра обогащения полезных ископаемых. – Кемерово: КузГТУ, 2019. – 39 с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=9837>. – Загл. с экрана/

18. Клейн, М. С. Технология обогащения полезных ископаемых [Электронный ресурс] : методические указания к самостоятельной работе для студентов специальности 130400.65 «Горное дело», специализация 130406.65 «Обогащение полезных ископаемых», всех форм обучения / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полез. ископаемых. – Кемерово, 2014. – 25с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=7961/>

### **Нормативная литература**

19. Комплексная переработка углей и повышение эффективности их использования : каталог-справочник / Г. С. Головин [и др.]; под общ. ред. В. М. Щадова; Федер. агентство по энергетике. – Москва: Трек, 2007. – 292 с.
20. Фоменко, Т. Г. Технология обогащения углей : справ. пособие / Т. Г. Фоменко, В. С. Бутовецкий, Е. М. Погарцева. – Москва: Недра, 1985. – 368 с.
21. Современная техника и технологии обогащения российских углей: каталог-справочник / сост. Л. А. Антипенко [и др.]; под общ. ред. В. М. Щадова; Федер. агентство по энергетике. – Кемерово, 2008. – 310 с.
22. Техника и технология обогащения углей : справ. руководство / В. В. Беловолов [и др.]; под ред. В. А. Чантурия, А. Р. Моляко; РАН, Ин-т проблем комплексного освоения недр [и др.]. – Москва: Наука, 1995. – 622 с.
23. Антипенко, Л. А. Технологические регламенты обогатительных фабрик Кузнецкого бассейна / Сиб. науч.-исслед. ин-т углеобогащения. – Прокопьевск, 2003. – 428 с.
24. Справочник по обогащению углей. – Москва: Недра, 1984. – 614 с.
25. Обратное водоснабжение углеобогатительных фабрик / И. С. Благов, М. А. Борц, Б. И. Вахрамеев [и др.]. – Москва: Недра, 1980. – 215 с.
26. Наладка и эксплуатация технологических комплексов углеобогатительных фабрик / В. И. Хайдакин, В. С. Бутовецкий, М. Н. Ковшарь [и др.]. – Москва: Недра, 1986. – 223 с.