

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО  
профессор Т.Н. Александрова

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета переработки  
минерального сырья  
профессор В.Ю. Бажин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНЦЕНТРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Уровень высшего образования:	Подготовка кадров высшей квалификации
Направление подготовки:	21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых
Направленность (профиль):	Обогащение полезных ископаемых
Форма обучения:	очная
Нормативный срок обучения:	4 года
Составитель:	д.т.н., профессор Т.Н. Александрова

**Рабочая программа дисциплины «Энергоэффективные технологии концентрации минерального сырья» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 N 886 (ред. от 30.04.2015);
- на основании учебного плана направленности (профиля) «Обогащения полезных ископаемых» по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых.

**Составитель**



д.т.н., проф. Т.Н. Александрова

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Обогащения полезных ископаемых» от «26» сентября 2019 г., протокол № 2**

**Рабочая программа согласована:**

Декан факультета аспирантуры  
и докторантуры



к.т.н.

В.В. Васильев

Заведующий кафедрой обогащения  
полезных ископаемых



д.т.н., проф.

Т.Н. Александрова

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

*Рабочая программа дисциплины «Энергоэффективные технологии концентрации минерального сырья» рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых*

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	<i>13</i>	<i>«24» 06</i> .2020	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д033(44)-04/20 от 28.04.2020
2	<i>19</i>	<i>«25» 06</i> .2021	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д041(44)-04/21 от 28.04.2021
3	<i>12</i>	<i>«27» 06</i> .2022	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д063(44)-04/22 от 28.04.2022

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины «Энергоэффективные технологии концентрации минерального сырья» - формирование у аспирантов знаний в области проблемно-ориентированных исследований в области энергоэффективных технологий концентрации важных и дефицитных видов минерального сырья, подготовка выпускников аспирантуры к самостоятельному решению профессиональных задач, связанных с уменьшением энергозатрат на концентрацию минерального и техногенного сырья, формирование у аспирантов современного научного мировоззрения, развитие творческого естественнонаучного мышления, овладение современными методами научных исследований в области рудоподготовительных переделов.

**Основными задачами изучения дисциплины являются:**

*изучение* современного состояния процессов концентрации различных видов сырья в России и за рубежом, основных научно-технических проблем и тенденций интенсификации процессов концентрации и перспективных направлений в разработке новых аппаратов.

*овладение* методами моделирования процессов концентрации различных видов сырья.

*формирование* у аспирантов:

полных представлений о технологиях концентрации минерального и техногенного сырья;

навыков научно-исследовательской деятельности в области концентрации минерального и техногенного сырья;

навыков практического применения знаний в области концентрации минерального и техногенного сырья;

*мотивации* к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области обогащения полезных ископаемых.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Энергоэффективные технологии концентрации минерального сырья» является вариативной дисциплиной «Дисциплины (модули)» ОПОП, соответствующей ФГОС ВО для уровня подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденному приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 N 886 (ред. от 30.04.2015). Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при освоении программ бакалавриата, специалитета или магистратуры, в частности, при изучении таких дисциплин как «Обогащение и переработка минерального сырья», «Гравитационные методы обогащения», «Флотационные методы обогащения», «Магнитные, электрические и специальные методы обогащения» и др.

Знания, умения и компетенции, полученные при изучении данной дисциплины, используются при прохождении педагогической практики и в научно-исследовательской работе.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС		Основные показатели освоения дисциплины	Код показателя освоения
Код компетенции	Содержание компетенции		
ОПК-2	Способность подготавливать научно-технические отчеты, а также публикации по результатам выполнения исследований	<b>Выпускник знает:</b> правила составления отчетов	<b>31</b>
		<b>Умеет:</b> самостоятельно составлять отчеты по результатам выполнения	<b>У1</b>

		исследований	
		<b>Владет навыками:</b> самостоятельного составления отчетов по результатам выполнения исследований	<b>В1</b>
ПК-1	Способностью использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов в области обогащения полезных ископаемых	<b>Знать:</b> - теоретические основы традиционных и новых методов обогащения полезных ископаемых	<b>З1</b>
		<b>Уметь:</b> - самостоятельно использовать теоретические основы традиционных и новых методов обогащения полезных ископаемых	<b>У1</b>
		<b>Владеть:</b> - навыками самостоятельного использования теоретических основ традиционных и новых методов обогащения полезных ископаемых	<b>В1</b>
ПК-2	Способностью на основе анализа вещественного состава полезного ископаемого самостоятельно составлять план и проводить исследования, получать новые научные и прикладные результаты	<b>Знать:</b> - основные положения теории научного эксперимента	<b>З1</b>
		<b>Уметь:</b> - самостоятельно составлять план и проводить исследования, получать новые научные и прикладные результаты	<b>У1</b>
		<b>Владеть:</b> - навыками самостоятельного проведения исследований	<b>В1</b>
ПК-3	Способностью разрабатывать технологии обогащения полезных ископаемых на основе теоретических знаний в области обогащения полезных ископаемых и информации, полученной в ходе самостоятельных исследований, составлять и защищать отчеты по проделанной работе	<b>Знать:</b> - технологию обогащения основных видов полезных ископаемых на основе теоретических знаний в области обогащения полезных ископаемых и информации, полученной в ходе самостоятельных исследований, составлять и защищать отчеты по проделанной работе	<b>З1</b>
		<b>Уметь:</b> - технологию обогащения основных видов полезных ископаемых	<b>У1</b>
		<b>Владеть:</b>	<b>В1</b>

		- навыками выбора технологии обогащения основных видов полезных ископаемых	
ПК-4	Умением работать с программными продуктами общего и специального назначения с целью математической обработки данных, моделирования обогатительных аппаратов, оптимизации технологических процессов и операций в области обогащения полезных ископаемых и проектирования обогатительных производств	<b>Знать:</b> - основные программные продукты общего и специального назначения	<b>31</b>
		<b>Уметь:</b> - пользоваться основными программными продуктами общего и специального назначения	<b>У1</b>
		<b>Владеть:</b> - навыками использования основными программными продуктами общего и специального назначения	<b>В1</b>

#### 4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего ак. часов	Семестр	
		3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	2	2	
В том числе:			
Лекции	2	2	
<b>Самостоятельная работа аспирантов СР (всего)</b>	178	90	88
В том числе:			
Тематическая работа с научной литературой	32	16	16
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	34	19	15
Исследовательская работа, анализ научных публикаций по заданной теме	40	20	20
Освоение методик расчетов, в том числе проводимых в используемом программном обеспечении	36	18	18
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, участие в научно-практических конференциях и семинарах, подготовка к аттестации	36	18	18
Вид промежуточной аттестации (зачет – З/ дифф. зачет – Д/ экзамен – Э/ кандидатский экзамен – КЭ)	Д	Д	Д
Общая трудоемкость в академических часах (а.ч.)	180	92	88
Общая трудоемкость в зачетных единицах (З.Е.)	5	2,5	2,5

## 4.2. Содержание дисциплины

### 4.2.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Формируемые компетенции
1	Введение	Минеральное и техногенное сырье и его роль в сфере материального производства. Понятий об концентрации сырья Основные методы концентрации минерального и техногенного сырья.	ПК-1
2	Гравитационная концентрация минерального и техногенного сырья	Гравитационное обогащение. Область применения. Отсадка. Определение процесса. Виды отсадочных машин. Обогащение в тяжелых средах. Определение процесса. Виды тяжелосредных сепараторов. Обогащение в потоках воды, движущихся по наклонной поверхности. Концентрация на столах, обогащение на шлюзах и в желобах.	ПК-1-4
3	Магнитные электрические и специальные методы концентрации минерального и техногенного сырья	Магнитное обогащение. Основные типы магнитных сепараторов. Электрическая сепарация. Определение процесса, виды сепараторов. Специальные методы обогащения. Рудосортировка. Рудоразборка. Радиометрическая сепарация. Определение процессов, виды радиометрических сепараторов. Разделение по форме, упругости, твердости. Комбинированные методы обогащения.	ПК-1-4
4	Флотационная концентрация минерального и техногенного сырья	Флотационное обогащение. Определение процесса и область применения. Флотационные реагенты, их характеристика. Виды флотационных машин.	ПК-1-4
5	Вспомогательные процессы при концентрации минерального и техногенного сырья	Обезвоживание продуктов обогащения. Назначение процессов и аппараты для их осуществления. Пылеулавливание. Очистка сточных вод. Окускование материалов.	ПК-1-4

#### 4.2.2. Разделы дисциплины и виды занятий

(Л – лекции, ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы, СР - самостоятельная работа)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Общая трудоемкость, час					
		Аудиторные занятия				СР	ИТОГО
		Всего	Л	ПЗ	ЛР		
1	Введение	2	2			35	37
2	Гравитационная концентрация минерального и техногенного сырья	-	-	-	-	30	30
3	Магнитные электрические и специальные методы концентрации минерального и техногенного сырья	-	-	-	-	38	38
4	Флотационная концентрация минерального и техногенного сырья	-	-	-	-	45	45
5	Вспомогательные процессы при концентрации минерального и техногенного сырья	-	-	-	-	30	30
	<b>ИТОГО</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>178</b>	<b>180</b>

#### 4.2.3. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум не предусмотрен учебным планом.

#### 4.2.4. Практические занятия (семинары)

Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебной дисциплине «Энергоэффективные технологии концентрации минерального сырья» используются следующие образовательные технологии:

- **технология модульного обучения** (предполагает структурирование материала по отдельным частям (разделам) учебной дисциплины, имеющим определённую логическую завершенность по отношению к планируемым результатам освоения);
- **технология активных методов обучения** (предусматривает свободный обмен мнениями о заявленной проблематике и характеризуется высоким уровнем активности студентов);
- **информационные технологии** (включают применение компьютерных технологий для сопровождения лекций и практических занятий иллюстративными материалами (компьютерными презентациями, фотографиями, видеофильмами, видео- и аудиозаписями)).
- **вводная лекция** (даёт целостное представление о содержании дисциплины, раскрывает междисциплинарные взаимосвязи, направлена на развитие у студентов интереса к данной области научного знания, что способствует творческому усвоению учебного материала);
- **метод проектов** – комплексный метод обучения, результатом которого является создание какого-либо продукта (проект, отчет о проведенном исследовании, статья). В основе учебных проектов лежат исследовательские методы обучения (самостоятельная работа, НИР);
- **тестирование** – контроль знаний с помощью тестов, которые состоят из условий (вопросов) и вариантов ответов для выбора.



## **6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

В курсе дисциплины «Энергоэффективные технологии концентрации минерального сырья» используют компьютерные системы обработки исходных данных, визуализации информации и другие.

### **Программное обеспечение**

Для практических занятий кафедра располагает стационарными компьютерами в аудиториях кафедры с лицензионным программным обеспечением Microsoft Office.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. – Электр.дан. [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
2. ЭБС издательского центра «Лань». <http://e.lanbook.com/>
3. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
4. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт». <http://rucont.ru/>
5. ООО Научная электронная библиотека. Интегрированный научный информационный портал в российской зоне сети Интернет, включающий базы данных научных изданий и сервисы для информационного обеспечения науки и высшего образования. (Включает РИНЦ- библиографическая база данных публикаций российских авторов и SCIENCE INDEX- информационно - аналитическая система, позволяющая проводить аналитические и статистические исследования публикационной активности российских ученых и научных организаций). <http://elibrary.ru/>
6. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
7. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
8. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/>).
9. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://school-collection.edu.ru/>).
9. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>).

## **7. Организация самостоятельной работы аспиранта**

### **7.1. Виды самостоятельной работы аспиранта**

- Тематическая работа с рекомендованной научной литературой;
- Самостоятельное изучение разделов дисциплины
- Исследовательская работа, анализ научных публикаций по темам курса;
- Подготовка к участию в научно-практических конференциях и семинарах;
- Освоение методик расчетов, в том числе проводимых в используемом программном обеспечении;
- Написание реферата;
- Подготовка к аттестации.

В процессе изучения дисциплины аспирантам предлагается выполнять научные исследования по теме диссертационной работы.

## 7.2. Распределение времени самостоятельной работы аспирантов

Вид самостоятельной работы аспиранта	Примерная трудоёмкость, ак.ч.
Тематическая работа с научной литературой	32
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	34
Исследовательская работа, анализ научных публикаций по заданной теме	40
Освоение методик расчетов, в том числе проводимых в используемом программном обеспечении	36
Написание реферата по теме	36
<b>Итого самостоятельной работы аспиранта:</b>	<b>178</b>

### 7.2.1. Примерная тематика рефератов

1. Отсадка. Классификация отсадочных машин
2. Обогащение в тяжелых средах
3. Тяжелосредные сепараторы
4. Тяжелосредные гидроциклоны
5. Обогащение на концентрационных столах. Виды столов
6. Обогащение в шлюзах. Виды шлюзов
7. Обогащение на винтовых сепараторах и шлюзах.
8. Центробежная концентрация. Виды концентраторов.
9. Промывка. Виды промывочных машин.
10. Флотация.
11. Флотационные реагенты
12. Флотационные машины
13. Современные крупнообъемные флотационные машины
14. Магнитная сепарация. Виды магнитных сепараторов
15. Электрическая сепарация. Виды электрических сепараторов
16. Специальные методы обогащения
17. Комбинированные методы обогащения
18. Современные тенденции в проектировании обогатительных фабрик
19. Обезвоживание материалов
20. Современные схемы обезвоживания и складирования хвостов
21. Фильтрация. Виды фильтров.
22. Обогащение железных руд
23. Обогащение угля
24. Обогащение медных руд
25. Обогащение золотосодержащих руд
26. Обогащение алмазосодержащих руд
27. Окускование минерального сырья.

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Организация и оценочные средства текущего контроля успеваемости

#### 8.1.1. Организация текущего контроля успеваемости

В качестве метода контроля самостоятельной работы аспиранта используются аттестации, проводимые на заседаниях кафедры в конце каждого семестра.

### 8.1.2. Вопросы для самопроверки

1. Укажите, какие основные методы концентрации минерального и техногенного сырья Вы знаете.
2. Укажите основные физические свойства, лежащие в основе методов обогащения полезных ископаемых.
3. В чем главная задача основных методов обогащения?
4. Что такое гравитационное обогащение?
5. В чем преимущества и недостатки гравитационного обогащения?
6. По каким физическим свойствам происходит разделение материалов при гравитационном обогащении?
7. Для каких полезных ископаемых используют гравитационное обогащение?
8. Какие гравитационные процессы Вы знаете?
9. Что такое отсадка?
10. Какие виды отсадочных машин Вы знаете?
11. Опишите принцип действия основных видов отсадочных машин.
12. Что такое обогащение в тяжелых средах?
13. В чем преимущества и недостатки обогащения в тяжелых средах по сравнению с отсадкой?
14. Что такое утяжелитель? Виды утяжелителей. Какие утяжелители чаще всего используют на практике?
15. Какие виды тяжелосредных сепараторов Вы знаете?
16. Опишите принцип действия основных видов тяжелосредных сепараторов.
17. Опишите типовую схему обогащения в тяжелых суспензиях.
18. Какие процессы обогащения в потоках, текущих по наклонным поверхностям Вы знаете?
19. Опишите принцип действия концентрационного стола. Область его применения. Преимущества и недостатки.
20. Опишите принцип действия винтового сепаратора. В чем его отличие от других аппаратов для обогащения в потоках, текущих по наклонным поверхностям?
21. Опишите принцип действия шлюза.
22. Опишите принцип действия безнапорного центробежного концентратора.
23. Что такое промывка?
24. Назовите, какие промывочные аппараты Вы знаете.
25. Что такое флотационное обогащение?
26. В чем преимущества и недостатки флотационного обогащения?
27. Для каких полезных ископаемых используют флотационное обогащение?
28. Какие флотационные реагенты Вы знаете?
29. Для чего используют флотационные реагенты собиратели?
30. Для чего используют флотационные реагенты вспениватели?
31. Какие виды флотационных машин Вы знаете?
32. Опишите принцип действия механических флотационных машин.
33. Опишите принцип действия пневмомеханических флотационных машин.
34. Опишите принцип действия пневматических флотационных машин.
35. Что такое магнитное обогащение?
36. Для каких полезных ископаемых используют магнитное обогащение?
37. Какие сильномагнитные минералы Вы знаете?
38. Какие слабомагнитные минералы Вы знаете?
39. Какие не магнитные минералы Вы знаете?
40. Какими способами можно создать магнитное поле?
41. Какие виды магнитных сепараторов Вы знаете?
42. Опишите принцип действия основных видов магнитных сепараторов.
43. Опишите принцип электрической сепарации?

44. В чем преимущества и недостатки электрической сепарации?
45. Какая основная сила действует при электрическом обогащении?
46. Назовите основные способы зарядки частиц?
47. Опишите принцип действия основных видов электрических сепараторов.
48. Какие специальные методы обогащения Вы знаете?
49. Что такое радиометрическое обогащение?
50. Что такое комбинированные методы обогащения?
51. Какие вспомогательные процессы Вы знаете?
52. Что такое влажность материала?
53. Что такое обезвоживание и для чего оно нужно на обогатительной фабрике?
54. Какие основные операции обезвоживания Вы знаете?
55. Что такое сгущение?
56. Что такое фильтрация?
57. Что такое сушка?
58. Опишите принцип действия основных обезвоживающих аппаратов.
59. Что такое пылеулавливание и для чего оно нужно на обогатительной фабрике?
60. Опишите принцип действия основных видов пылеуловительных аппаратов.
61. Что такое хвостохранилище?
62. Что такое окускование материалов и для чего оно нужно?

## 8.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 8.2.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Этапы формирования компетенций				
	1	2	3	4	5
ПК-1	+	+	+	+	+
ПК-2	-	+	+	+	+
ПК-3	-	+	+	+	+
ПК-4	-	+	+	+	+

### 8.2.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оценивание формирования компетенций осуществляется посредством прохождения аспирантами форм текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оценивание формирования компетенций производится на основе показателей освоения, указанных в п. 3 программы дисциплины.

Показатели оценивания сформированности знаний, умений и владений проверяются на этапах формирования компетенций в соответствии с таблицей:

Код компетенции по ФГОС ВО	Показатели освоения (код показателя освоения)	Разделы (этапы) дисциплины и формы оценивания						Обеспеченность оценивания компетенции
		1	2	3	4	5	Зачёт (диф.)	
ПК-1	З1	+	+	+	+	+	+	+
	У1	+	+	+	+	+	+	+
	В1	+	+	+	+	+	+	+

Код компетенции по ФГОС ВО	Показатели освоения (код показателя освоения)	Разделы (этапы) дисциплины и формы оценивания						Обеспеченность оценивания компетенции
		1	2	3	4	5	Зачёт (диф.)	
ПК-2	З1	-	+	+	+	+	+	+
	У1	-	+	+	+	+	+	+
	В1	-	+	+	+	+	+	+
ПК-3	З1	-	+	+	+	+	-	+
	У1	-	+	+	+	+	-	+
	В1	-	+	+	+	+	-	+
ПК-4	З1	-	+	+	+	+	-	+
	У1	-	+	+	+	+	-	+
	В1	-	+	+	+	+	-	+
<b>Итого:</b>		<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	

### 8.2.3. Примерный перечень вопросов к дифф. зачету по курсу

1. Что Вы понимаете под терминами концентрация различных видов сырья?
2. Какие виды полезных ископаемых Вы знаете?
3. Для чего используют полезные ископаемые?
4. Что понимается под термином техногенное сырьё?
5. Для чего нужно обогащения минерального и техногенного сырья?
6. Перечислите основные методы обогащения твердых полезных ископаемых.
7. Укажите, какие физико-химические свойства разделяемых частиц лежат в основе основных методов обогащения.
8. Что такое сродок минералов?
9. Что такое рудоподготовительные операции?
10. Для чего нужны рудоподготовительные операции?
11. Что такое основные обогатительные операции?
12. Для чего служат вспомогательные операции?
13. Какие продукты получаются в ходе обогащения полезных ископаемых?
14. Что такое концентрат?
15. Что такое хвосты?
16. Что такое промпродукт?
17. Что такое технологические показатели обогащения?
18. Что такое технологический показатель выход?
19. Что такое технологический показатель содержание?
20. Что такое технологический показатель извлечение?
21. Чему равна сумма выходов всех полученных продуктов обогащения?
22. Чему равна сумма извлечений всех полученных продуктов обогащения?
23. Чему равна сумма содержаний всех полученных продуктов обогащения?
24. Что такое гранулометрический состав материалов?
25. Какие операции рудоподготовки Вы знаете?
26. Зачем нужны операции рудоподготовки?
27. Что такое дробление?
28. Чем дробление отличается от измельчения?
29. Что такое крупное, среднее и мелкое дробление?
30. Какие основные виды дробилок Вы знаете?
31. Какие виды щековых дробилок Вы знаете?

32. Укажите основные виды дробилок.
33. Опишите принцип действия конусной дробилки крупного дробления.
34. Опишите принцип действия конусной дробилки мелкого дробления.
35. Опишите принцип действия валковой дробилки.
36. Что такое измельчение?
37. Какие виды мельниц Вы знаете?
38. Опишите принцип работы шаровой мельницы.
39. Что такое мельница самоизмельчения?
40. Что такое мельница полусамоизмельчения?
41. Что такое грохочение?
42. Для чего используют операции грохочения?
43. Опишите принцип действия инерционного грохота.
44. Опишите принцип действия самобалансного грохота.
45. Что такое классификация?
46. Для каких операций применяется гидравлическая классификация?
47. Для чего чаще всего применяется гидравлическая классификация на обогатительной фабрике?
48. Укажите основные классифицирующие аппараты.
49. Опишите принцип действия гидроциклона.
50. Укажите, какие основные методы обогащения полезных ископаемых Вы знаете.
51. Укажите основные физические свойства, лежащие в основе методов обогащения полезных ископаемых.
52. В чем главная задача основных методов обогащения?
53. Что такое гравитационное обогащение?
54. В чем преимущества и недостатки гравитационного обогащения?
55. По каким физическим свойствам происходит разделение материалов при гравитационном обогащении?
56. Для каких полезных ископаемых используют гравитационное обогащение?
57. Какие гравитационные процессы Вы знаете?
58. Что такое отсадка?
59. Какие виды отсадочных машин Вы знаете?
60. Опишите принцип действия основных видов отсадочных машин.
61. Что такое обогащение в тяжелых средах?
62. В чем преимущества и недостатки обогащения в тяжелых средах по сравнению с отсадкой?
63. Что такое утяжелитель? Виды утяжелителей. Какие утяжелители чаще всего используют на практике?
64. Какие виды тяжелосредных сепараторов Вы знаете?
65. Опишите принцип действия основных видов тяжелосредных сепараторов.
66. Опишите типовую схему обогащения в тяжелых суспензиях.
67. Какие процессы обогащения в потоках, текущих по наклонным поверхностям Вы знаете.
68. Опишите принцип действия концентрационного стола. Область его применения. Преимущества и недостатки.
69. Опишите принцип действия винтового сепаратора. В чем его отличие от других аппаратов для обогащения в потоках, текущих по наклонным поверхностям?
70. Опишите принцип действия шлюза.
71. Опишите принцип действия безнапорного центробежного концентратора.
72. Что такое промывка?
73. Назовите, какие промывочные аппараты Вы знаете.
74. Что такое флотационное обогащение?
75. В чем преимущества и недостатки флотационного обогащения?

76. Для каких полезных ископаемых используют флотационное обогащение?
77. Какие флотационные реагенты Вы знаете?
78. Для чего используют флотационные реагенты собиратели?
79. Для чего используют флотационные реагенты вспениватели?
80. Какие виды флотационных машин Вы знаете?
81. Опишите принцип действия механических флотационных машин.
82. Опишите принцип действия пневмомеханических флотационных машин.
83. Опишите принцип действия пневматических флотационных машин.
84. Что такое магнитное обогащение?
85. Для каких полезных ископаемых используют магнитное обогащение?
86. Какие сильномагнитные минералы Вы знаете?
87. Какие слабомагнитные минералы Вы знаете?
88. Какие не магнитные минералы Вы знаете?
89. Какими способами можно создать магнитное поле?
90. Какие виды магнитных сепараторов Вы знаете?
91. Опишите принцип действия основных видов магнитных сепараторов.
92. Опишите принцип электрической сепарации?
93. В чем преимущества и недостатки электрической сепарации?
94. Какая основная сила действует при электрическом обогащении?
95. Назовите основные способы зарядки частиц?
96. Опишите принцип действия основных видов электрических сепараторов.
97. Какие специальные методы обогащения Вы знаете?
98. Что такое радиометрическое обогащение?
99. Что такое комбинированные методы обогащения?
100. Назовите вспомогательные процессы обогащения.
101. Что такое влажность материала?
102. Что такое обезвоживание и для чего оно нужно на обогатительной фабрике?
103. Какие основные операции обезвоживания Вы знаете?
104. Что такое сгущение?
105. Что такое фильтрация?
106. Что такое сушка?
107. Опишите принцип действия основных обезвоживающих аппаратов.
108. Что такое пылеулавливание и для чего оно нужно на обогатительной фабрике?
109. Опишите принцип действия основных видов пылеуловительных аппаратов.
110. Что такое хвостохранилище?
111. Что такое окускование сырья?
112. Укажите основные способы окускования.
113. Что такое брикетирование сырья?
114. Что такое окомкование сырья?
115. Что такое агломерация сырья?

### 8.3. Критерии оценок промежуточной аттестации успеваемости по итогам освоения дисциплины

#### 8.3.1. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации

Оценка			
«2» (неудовл.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовл.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы.	демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении практических задач допускает неточности, грубые ошибки. Необходимые компетенции сформированы слабо	демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. В целом справляется с решением практических задач, допуская незначительные ошибки. Необходимые компетенции сформированы	демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением практических задач. Необходимые компетенции сформированы

#### 8.3.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в форме дифференцированного зачета

Код компетенции по ОПОП	Код показателя оценивания	Оценка			
		«2»	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
			«3»	«4»	«5»
ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	31	Обучающийся не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Обучающийся поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Обучающийся хорошо знает грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос; все.	Обучающийся в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
	У1	Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
	В1	Не владеет навыками, большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Посредственно владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Хорошо владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Отлично владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены



**8.5.3. Критериями оценивания уровня освоения компетенций по дисциплине являются:**

Показатели оценивания	Критерии оценивания
Знать	Знание терминов и определений, понятий
	Знание основных принципов, закономерностей и соотношений
	Объём освоенного материала, усвоение всех дидактических единиц (разделов)
	Полнота ответов
	Правильность ответов
	Чёткость изложения и интерпретации знаний
Уметь	Освоение методик - умение решать (типовые) практические задачи, выполнять (типовые) задания
	Умение использовать теоретические знания для выбора методики решения задач, выполнения заданий
	Умение проверять решение и анализировать результаты
	Умение качественно оформлять (презентовать) решения задач и выполнения заданий
Владеть	Приемы решения стандартных/нестандартных задач
	Быстрота выполнения трудовых действий Объём выполненных заданий
	Качество выполнения трудовых действий
	Самостоятельность планирования выполнения трудовых действий

**9. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

*а) основная литература*

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. Учебник. Горная книга: 2017, 4-е изд.
2. Абрамов А.А. Собрание сочинений. Том 1. Обогащительные процессы и аппараты. М.: Изд-во «Горная книга», 2010. С. 470;
3. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Т. 1 Обогащительные процессы: Учебник для вузов. 4- изд., стер.: М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2016. – 417 с.
4. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Т. 2 Технологии обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов. 4- изд., стер.: М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2017. – 310 с.
5. Авдохин В.М. Обогащение углей. Том 1. Процессы и машины, М.: Изд-во «Горная книга», 2012.- С. 424;
6. Авдохин В.М. Обогащение углей. Том 2. Технологии, М.: Изд-во «Горная книга», 2012.- С. 475;
7. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Том 1. Обогащительные процессы, М.: Изд-во «Горная книга», 2014. -С. 417;
8. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Том 2. Технологии обогащения полезных ископаемых, М.: Изд-во «Горная книга», 2014. -С. 310
9. Александрова Т.Н., Кусков В.Б., Львов В.В., Николаева Н.В. Обогащение полезных ископаемых: Учебник для ВУЗов.- СПб: РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный», 2015. - С 144;
10. Александрова Т.Н. Основы обогащения полезных ископаемых. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2014 - С.195

11. Федотов К.В., Никольская Н.И. Проектирование обогатительных фабрик: Учебник для ВУЗов. - М.: Изд-во «Горная книга», 2014 – С. 536;
- б) дополнительная литература*
12. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Обоганительные процессы и аппараты. Том 1. 2008 г., 471 стр.
13. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Технология переработки и обогащения полезных ископаемых. Том 2. 2004 г. 510 стр.
14. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. Учебник. 2008 г., 711 с.
15. Абрамов А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. Том 3. Книга 1 и 2. 2005 г., 575 стр.
16. Абрамов А.А. Флотация. Физико-химическое моделирование процессов. 2010 г. 607 стр.
17. Абрамов А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов; в 3 т. - М.: МГГУ, 2005.
18. Бедрань В.Г., Скоробогатов П.М. Переработка и качество полезных ископаемых. - М.: «Недра», 1986 – 409 с.
19. Бедрань Н.Г. Обогащение углей, М., Недра, 1988.
20. Верхотуров М.В. Гравитационные методы обогащения. - М.: МГУ, 2006.
21. Кармазин В.И., Кармазин В.В. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых. 2005 г., 669 стр.
22. Линч А.Д. Циклы дробления и измельчения. Моделирование, оптимизация, проектирование и управление: Пер. с англ. М.: Недра, 1981. 343 с.
23. Олейников В.А. Автоматическое управление процессами в горно-обогатительной промышленности./ В.А. Олейников, О.Н. Тихонов Л.: Недра, 1966. 356 с.
24. Протасов Ю.И. Теоретические основы механического разрушения горных пород. М.: Недра, 1985. 242 с.
25. Польшин С.А. и Адамов Э.В. Обогащение руд цветных металлов. Учебник для вузов. - М.: «Недра», 1983 – 400с.
26. Тихонов О.Н. Теория разделения минералов. СПГТИ (ТУ). СПб. 2008. 514 с.
27. Тихонов О.Н. Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1984. 208 с.
28. Тихонов О.Н. и др. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик. – М.: «Недра», 1988.
29. Шилаев В.П. Основы обогащения полезных ископаемых. - М.: «Недра», 1986 – 295 с.
30. Техника и технология обогащения углей. / В.В. Беловолов, Ю.Н. Бочков, М.В. Давыдов и др.; Под ред. В.А. Чантурия, А.Р. Молявко. – М.: Наука, 1995. – 622 с.
31. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы /Под. ред. О.С. Богданова, В.А. Олевского. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 366 с.
32. Справочник по обогащению руд. Обоганительные фабрики /Под. ред. О.С. Богданова, Ю.Ф. Ненароковой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 358 с.
33. Справочник по обогащению руд. Специальные и вспомогательные процессы /Под. ред. О.С. Богданова, В.А. Олевского. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1983. 384 с.
34. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 614 с.

#### **10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):

<http://www.rsl.ru/>

Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>

Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>  
Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>  
Электронная библиотека <http://studentam.net/>  
Электронная библиотека <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>  
Электронная библиотека <http://www.twirpx.com>  
Электронная библиотека <http://www.sciteclibrary.ru/>  
Электронная библиотека <http://www.studmed.ru/>  
Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Специализированные лаборатории гравитационных, флотационных, магнитных, электрических и специальных методов обогащения, оснащенные современным оборудованием таким как:

Щековая дробилка с загрузочным бункером. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LMC100-D. (Германия);

Валковая дробилка усиленная с повышенным давлением модель ДВГУ-АПМ-200Х125. Производитель: ЗАО «АПМ»;

Лабораторный вибрационный грохот Kroosh ULS-1506.12 в комплекте. Производитель: Kroosh Technologies»;

Шаровая мельница для определения энергетических затрат на размолоспособность разнообразных руд в соответствии со стандартом Ф.С. Бонда. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LM-VM1000.(Германия);

Стержневая мельница для определения энергетических затрат на размолоспособность разнообразных руд в соответствии со стандартом Ф.С. Бонда. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LM-RM1000. (Германия);

Установка для определения индекса абразивности в соответствии со стандартом Ф.С. Бонда. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LM-BAT1000 .(Германия);

Установка для испытаний на дробимость в соответствии со стандартом Ф.С. Бонда. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LM-BIT1000. (Германия);

Цифровой встряхиватель для сит диаметром 200 мм с комплектом для мокрого отсева. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LMSM-200. (Германия);

Цифровой встряхиватель для сит диаметром 450 мм с комплектом для мокрого отсева. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель LMSM-300/450. (Германия);

Сита для отсева из нержавеющей стали диаметром 200 мм, высотой обечайки 50 мм, размером квадратной ячейки 75 мкм, 90 мкм, 106 мкм, 150 мкм, 212 мкм, 300 мкм, 425 мкм, 600 мкм, 850 мкм, 1, 18 мм, 1,7 мм, 2,36 мм, 3,35 мм. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель Laagmann Test Sieve. (Германия);

Сита для отсева из нержавеющей стали диаметром 450 мм, высотой обечайки 100 мм, размером квадратной ячейки 3,35 мм, 4,75 мм, 6,7 мм, 9,5 мм, 12,5 мм, 13,2 мм, 16,0 мм, 19,0 мм, 22,4 мм, 26,5 мм, 31,5 мм, 37,5 мм, 45,0 мм, 50,0 мм, 53,0 мм, 63,0 мм, 75,0 мм. Фирма «Laagmann» (Лаарманн), модель Laagmann Test Sieve (Германия);

Лабораторная мельница для тонкого и сверхтонкого измельчения. Фирма «Xstrata Technology» (Экстрата Технолоджи), модель M4 IsaMill. (Германия);

Испытательный ударный тест падающего груза. Фирма «JKTech Pty Ltd», модель JK Drop Weight Tester. (Австралия);

Лабораторная установка гидроклассификации AKW Laborant ZLF 50-CH, в комплекте.

Лабораторная установка для отсадки минерального сырья модель МОД-0,02СКЛ. Производитель: ЗАО «ИТОМАК» (Россия);

Концентрационный стол фирмы «Holman» (Холман) модель 800. (Англия);

Лабораторный центробежный концентратор Нельсона MD3;

Лабораторный магнитный роликовый сепаратор модель СМВИ -1Л-100/Т3501.  
Производитель: НПО «ЭРГА»;

Лабораторный магнитный сепаратор для мокрого обогащения модель ПБМ 25/10.  
Производитель: НПО «ЭРГА»;

Лабораторная установка для мокрой магнитной сепарации высокой интенсивности  
МВЕ Р40  
в комплекте. Производитель: MBE Coal and Mineral Technologies GmbH.

Лабораторный пульсирующий высокоградиентный магнитный сепаратор SLon100. Производитель: фирма «Outotec»;

Лабораторная флотационная машина Фирма «Laagmann» (Лаарманн), (Германия).

## **12. Методические рекомендации по самостоятельной работе аспиранта**

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Практическому занятию и самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке прохождения текущего и промежуточного контроля успеваемости.

Для организации и контроля учебной работы используется метод аттестации обучающегося по итогам выполнения текущих аудиторных и самостоятельных (внеаудиторных) работ. Форма промежуточной аттестации: зачёт с оценкой.

При освоении дисциплины «Энергоэффективные технологии концентрации минерального сырья» основной формой обучения аспиранта является самостоятельная работа. Опираясь на материал установочной лекции, на рекомендованные основные и дополнительные литературные источники, основываясь на изучении, на самостоятельном анализе и обобщении научных публикаций по заданной индивидуальной теме, связанной с научными проблемами научно-квалификационной работы (диссертации), аспирант должен быть готов к ответам на вопросы по разделам дисциплины.

**Работа с книгой.** Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения и их выводы. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения учебного материала полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в неё формулировки основных понятий дисциплины «Энергоэффективные технологии концентрации минерального сырья», незнакомые термины и названия, выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объём конспектируемого материала.

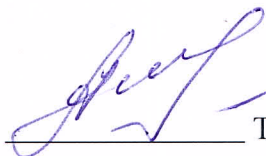
Изучая дисциплину, полезно обращаться к предметному указателю в конце книги и глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к тестированию, зачёту.

Освоение дисциплины должно обязательно сопровождаться регулярным выполнением заданий, что является одним из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

**Консультации.** Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приёма преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

**Разработчики:**

Зав. кафедрой обогащения полезных ископаемых



Т.Н. Александрова