

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»**  
**в г. Апатиты**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.Б.36.2 Гравитационные методы обогащения**

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

**основной профессиональной образовательной программы**  
**по специальности**

**21.05.04 Горное дело**

**Специализация № 6 Обогащение полезных ископаемых**

(код и наименование направления подготовки  
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

**высшее образование – специалитет**

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –  
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

**горный инженер (специалист)**

квалификация

**заочная**

форма обучения

**2016**

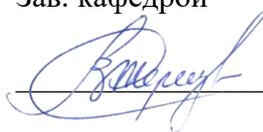
год набора

**Составитель:**

Варюхина И.М., ст.пр.,  
кафедры горного дела,  
наук о Земле и  
продобустройства

Утверждено на заседании кафедры горного  
дела, наук о Земле и природообустройства  
(протокол № 1 от «24» января 2017 г.)

Зав. кафедрой



С.В. Терещенко

**1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** – формирование у студентов знаний теоретических основ гравитационного обогащения полезных ископаемых.

В результате освоения дисциплины «Гравитационные методы обогащения» обучающийся должен:

**знать:**

- роль и место гравитационных методов обогащения;
- классификацию и назначение машин;
- принципиальные схемы, конструктивные особенности, области применения и расчетные характеристики различного типа машин.

**уметь:**

- выбирать и обосновывать применение конкретного типа машин для;
- рассчитывать характеристики различного типа машин;

**владеть:**

- методикой определения основных конструктивных и режимных параметров машин, их производительности и эффективности в горно-обогатительном производстве;
- методикой оценки технического состояния машин и их надежности в процессе эксплуатации.

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.**

- способность анализировать горно-геологическую информацию о свойствах и характеристиках минерального сырья и вмещающих пород (ПСК-6.1);
- способность выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых, составлять необходимую документацию (ПСК-6.2);
- способность выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке и обогащению минерального сырья на основе знаний принципов проектирования технологических схем обогатительного производства и выбора основного и вспомогательного обогатительного оборудования (ПСК-6.3);
- способность анализировать и оптимизировать структуру, взаимосвязи, функциональное назначение комплексов по добыче, переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов при строительстве и реконструкции с учетом требований промышленной и экологической безопасности (ПСК-6.6).

## **3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.**

Данная дисциплина относится к дисциплинам специализации базовой части образовательной программы по специальности 21.05.04 Горное дело, специализация №6 «Обогащение полезных ископаемых».

Для освоения данной дисциплины обучающиеся используют знания, умения, навыки, способы деятельности и установки, которые они получили в процессе изучения дисциплин: «Физика», «Химия», «Геология», «Математика», «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», «Горно-промышленная экология».

В свою очередь, дисциплина «Гравитационные методы обогащения» представляет собой методологическую базу для усвоения обучающимися содержания дисциплины «Проектирование обогатительных фабрик».

## **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ,**

**ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы или 144 часа.  
(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час.)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интер-активной форме	Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на контроль	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ						
3	А	3	108	16	2	4	22	2	86	-	-	-
4	В	1	36	-	-	-	-	-	27	+	9	экзамен, курсовой проект
<b>Итого:</b>		3	108	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>113</b>	-	<b>9</b>	<b>экзамен</b>

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ.**

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Кол-во часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
1	Теоретические основы гравитационных методов	1	-	-	1	-	16	-
2	Гидравлическая классификация	2	-	-	2	-	16	-
3	Обогащение в тяжелых средах	2	-	-	2	-	16	-
4	Отсадка	3	-	-	3	-	16	-
5	Обогащение в потоках, текущих по наклонным поверхностям	3	2	4	7	2	16	-
6	Специальные виды гравитационного оборудования	2	-	-	2	-	16	-
7	Технологические схемы и организация производства на гравитационных обогатительных фабриках	3	-	-	3	-	17	-
	<b>Экзамен</b>	-	-	-	-	-	-	<b>9</b>
	<b>Итого:</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>113</b>	<b>9</b>

## **Содержание дисциплины**

### **Раздел 1. Теоретические основы гравитационных методов**

#### Тема 1. Основные понятия о гравитационных методах обогащения

Общие сведения. Разделительные признаки при гравитационных процессах. Реологические свойства сред гравитационного обогащения. Характеристика гравитационных методов обогащения и их классификация. Фракционный анализ. Критерии разделения минеральных частиц при гравитационных процессах. Расчет фракционного состава продуктов обогащения.

#### Тема 2. Теоретические основы гравитационных методов

Общие положения. Силы, действующие при использовании гравитационных методов. Сопrotивление среды и ее составляющие. Диаграмма Релея. Общие принципы разделения частиц в гравитационных аппаратах. Турбулентный и ламинарный режим движения.

#### Тема 3. Свободное падение тел

Движение твердого тела в среде. Основные законы движения частиц. Общее выражение конечной скорости падения сферического тела. Параметры Лященко и их использование. Скорость свободного падения тел правильной несферической формы. Коэффициент сферичности минеральных частиц.

Скорость свободного падения частиц неправильной геометрической формы. Равнопадаемость тел в среде и коэффициент равнопадаемости. Путь, пройденный телом до достижения конечной скорости. Скорость и направление движения в восходящей и нисходящей средах.

#### Тема 4. Стесненное падение частиц

Общие положения. Частные случаи стесненного падения. Сопrotивление среды при стесненном движении. Скорость стесненного движения. Взвешивание минеральных зерен в восходящей среде. Структура взвешенного слоя. Коэффициент разрыхления. Относительная плотность взвеси. Понятие о критической скорости. Равнопадаемость в условиях стесненного движения зерен.

### **Раздел 2. Гидравлическая классификация**

#### Тема 5. Характеристика процесса и области его применения

Способы гидравлической классификации. Закономерности классификации. Разделение минеральных частиц по скорости падения. Роль крупности и плотности зерен. Эффективность классификации. Седиментационный анализ.

#### Тема 6. Принцип действия механических классификаторов

Назначение и типы механических классификаторов - конусных, корытных и камерных. Конструкция спиральных классификаторов. Параметры работы спиральных классификаторов, их выбор и технологический расчет.

#### Тема 7. Принцип работы гидравлических классификаторов

Гидравлическая классификация в условиях свободного и стесненного движения. Конструкции гидравлических классификаторов. Выбор и технологический расчет гидравлических классификаторов. Примеры применения гидравлической классификации и технико-экономические показатели.

#### Тема 8. Классификация в поле действия центробежной силы

Гидроциклоны как классифицирующие аппараты. Принцип их действия. Область применения. Теория движений жидкости и зерен в гидроциклоне. Эффективность

классификации в гидроциклонах. Основные факторы, влияющие на работу гидроциклонов. Техничко-экономическое сопоставление работы гидроциклона с другими классификаторами. Схемы классификации с применением гидроциклонов. Схемы установки гидроциклонов. Технологический расчет и выбор гидроциклонов.

### **Раздел 3. Обогащение в тяжелых средах**

#### **Тема 9. Физические основы обогащения в тяжелых средах и области его применения**

Общие сведения. Фракционный анализ. Кривые разделения Тера-Тромпа и их использование при прогнозировании показателей. Среда для разделения зерен по плотности.

#### **Тема 10. Свойства тяжелых суспензий**

Утяжелители. Реологические свойства суспензий - плотность, вязкость, напряжение сдвига и устойчивость суспензий. Методы их определения. Закономерности движения минеральных частиц в суспензиях. Конструкции сепараторов для тяжелосредного обогащения.

#### **Тема 11. Технологические схемы обогащения в тяжелых суспензиях**

Подготовка сырья для обогащения в тяжелых суспензиях. Принципиальная схема обогащения в тяжелых суспензиях. Приготовление и регенерация суспензий. Техничко-экономические показатели процесса. Интенсификация процесса разделения в тяжелых средах. Тяжелосредное обогащение в центробежных аппаратах, использование тяжелых жидкостей.

### **Раздел 4. Отсадка**

#### **Тема 12. Физические основы обогащения отсадкой**

Общие принципы. Теоретические модели отсадки. Характеристика процесса обогащения зернистых материалов в вертикальной струе и область его применения. Отсадка в струе переменного направления и в восходящей струе.

Свойства минеральной постели и взвешенного слоя минеральных зерен. Современные представления о механизме действия минеральной постели при расслоении зерен.

Циклы отсадки. Длина хода и частота колебаний диафрагмы (поршня). Закономерности влияния различных гидродинамических параметров на процесс отсадки.

#### **Тема 13. Отсадочные машины**

Принципы работы основных узлов отсадочных машин, типы конструкций и области их применения. Режим и регулирование процесса отсадки.

Подготовка материала к отсадке. Отсадка классифицированного и неклассифицированного материала. Отсадка тонкого материала. Типичные схемы применения отсадки и техничко-экономические показатели. Расчет и выбор отсадочных машин.

### **Раздел 5. Обогащение в потоках, текущих по наклонным поверхностям**

#### **Тема 14. Особенности движения зерен в безнапорном наклонном потоке**

Турбулентность потоков и возникновение взвешивающей вертикально составляющей скорости. Подъемная сила потоков. Закономерности движения зерен в потоке. Классификация аппаратов и область их применения.

#### **Тема 15. Обогащение на концентрационных столах и шлюзах**

Характеристика процессов обогащения на концентрационных столах.

Теоретические основы расслоения взвесей на столах. Роль нарифлений. Факторы, влияющие на работу столов и регулирование процесса разделения. Типы столов. Выбор и расчет концентрационных столов. Особенность работы шламовых столов.

Теоретические основы процесса концентрации на шлюзах. Устройство шлюзов. Роль минеральной постели в шлюзовом процессе. Факторы, влияющие на работу шлюзов. Требования к подготовке материала для обогащения на шлюзах. Практика применения шлюзов. Техничко-экономические показатели. Особенности применения и конструкции шлюзов для обогащения шламов.

#### Тема 16. Обогащение в желобах и на винтовых сепараторах

Теория процессов обогащения на винтовых сепараторах и винтовых шлюзах. Особенности движения потока и расслоения минеральных взвесей на винтовых сепараторах. Принцип работы, типы винтовых сепараторов и шлюзов. Подготовка исходного материала. Факторы, влияющие на работу винтовых сепараторов. Производительность аппаратов, схемы применения винтовых шлюзов и сепараторов. Техничко-экономические данные по обогащению руд и песков на винтовых сепараторах и других аппаратах.

### **Раздел 6. Специальные виды гравитационного обогащения**

#### Тема 17. Центробежная концентрация, вибрационная и струйная сепарация, промывка и протирка

Центробежные, вибрационные, крутонаклонные и шнековые сепараторы. Теоретические особенности процессов разделения в них. Конструкции. Условия работы. Показатели. Подготовка материала. Области применения.

Особенности расслоения зернистых материалов в струйных аппаратах. Принцип действия, типы и устройство струйных концентраторов. Подготовка материала для обогащения. Факторы, влияющие на работу концентраторов. Области применения и практика работы. Техничко-экономические показатели.

Характеристика процесса дезинтеграции и промывки, области применения. Физические свойства глин и других материалов, поступающих в промывку. Классификация промывочных машин, типы и конструкции. Установка и эксплуатация промывочных машин. Схемы промывки. Техничко-экономические показатели. Направления по интенсификации процессов дезинтеграции.

Особенности гравитационного разделения в воздушной среде. Принцип действия, устройство пневматических отсадочных машин и сепараторов. Факторы, влияющие на их работу. Подготовка материала. Область применения пневматической концентрации. Техничко-экономические показатели. Аэросуспензионное обогащение.

### **Раздел 7. Технологические схемы и организация производства на гравитационных обогатительных фабриках**

#### Тема 18. Применение различных гравитационных процессов при переработке минерального сырья

Общие принципы построения схем. Подготовка полезных ископаемых для обогащения гравитационными методами. Условия применения различных гравитационных процессов и технологических схем в зависимости от текстурных и структурных особенностей руды. Комбинированные схемы с применением гравитационного обогащения. Технология и аппаратура для глубокого гравитационного обогащения тонкоизмельченных руд, шламов и хвостов.

Типовые схемы гравитационного обогащения руд, углей и песков. Элементы организации производства и техники безопасности в гравитационных цехах обогатительных

фабрик. Использование оборотных вод при гравитационном обогащении. Перспективы развития гравитационного обогащения и вопросы охраны окружающей среды.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Основная литература:**

1. Авдохин, В.М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник: В 2 т. Т.1. Обогащительные процессы / изд-е 2-е., стер. - М. : Горная книга, 2006. - 423 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=100028&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=100028&sr=1)
2. Авдохин, В.М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник: В 2 т. – Т.2. Технологии обогащения полезных ископаемых / изд-е 2-е., стер. - М. : Горная книга, 2006. - 315 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=100029&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=100029&sr=1)
3. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Т.1: Обогащительные процессы и аппараты: учебник / А.А. Абрамов - М.: МГГУ, 2004-2008. – 470 с.

### **Дополнительная литература:**

- 1 Авдохин, В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. В 2 т. Т.1: Обогащительные процессы:учебник: - М.: Горная книга, 2006. - 417с.
2. Авдохин, В.М. Основы обогащения полезных ископаемых В 2 т. Т.2: Технология обогащения полезных ископаемых: учебник.– М.: Горная книга, 2006. – 310 с.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В образовательном процессе используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);

- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);

- лабораторий информационных технологий (оснащена компьютерными столами, стульями, мультимедийным проектором, экраном проекционным, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

- лаборатория гравитации.

### **7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

1. Microsoft Windows
2. Microsoft Office/LibreOffice

### **7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

ЭБС «Издательство Лань»[Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;

ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;

ЭБС «Университетская библиотека онлайн»[Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

### **7.3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ**

1. Электронная база данных Scopus

### **7.4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс  
<http://www.consultant.ru/>

2. Электронный справочник "Информιο" для высших учебных заведений  
<http://www.informio.ru/>

## **8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ**

Не предусмотрено.

## **9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ**

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.