

Федеральное агентство научных организаций

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем комплексного освоения недр  
Российской академии наук



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Физико-химические процессы переработки минерального сырья

Направление подготовки

21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых

Направленность подготовки

Обогащение полезных ископаемых

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения: **очная, заочная**

Вид промежуточного контроля: \_\_\_\_\_ дифференцированный зачет \_\_\_\_\_

Москва 2016

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, учебного плана ИПКОН РАН по направлению 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых направленности Обогащение полезных ископаемых.

Автор(ы): д.т.н. Матвеева Т.Н., доц., к.т.н. Двойченкова Г.П.

Рабочая программа обсуждена и одобрена на Ученом совете протокол №1/16 от 20.04.2016

### **1. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Целями освоения дисциплины «Физико-химические процессы переработки минерального сырья» являются:

- изучение гидрометаллургических процессов, применяемых в геотехнологии металлов;
- ознакомление с особенностями геотехнологии металлов для переработки некондиционных забалансовых руд и техногенного сырья.

Для достижения поставленных целей в дисциплине «Физико-химические процессы переработки природного и техногенного сырья» решаются задачи по изучению:

- классификации геотехнологических методов;
- факторов, влияющих на эффективность геотехнологических методов;
- теоретических основ гидрометаллургических процессов;
- оборудования для реализации гидрометаллургической переработки;
- схем переработки;
- геотехнологических схем переработки некондиционных забалансовых руд и техногенного сырья

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих **универсальных и общих** для направления **компетенций**:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способностью планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты (ОПК-1);

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих **профессиональных компетенций**:

- способностью осуществлять исследования структуры, свойств и состояния горных пород в лабораторных и натуральных условиях (ПК-1);
- способностью исследовать и прогнозировать горно-геологические и горнотехнические условия освоения месторождений полезных ископаемых (ПК-2);
- способностью прогнозировать устойчивость конструктивных элементов систем обогащения полезных ископаемых (ПК-3);
- готовностью осуществлять математическое, физическое и компьютерное моделирование процессов обогащения полезных ископаемых (ПК-4);
- способностью обоснования технических решений и критериев их оценки при выборе методов и средстве изучения процессов обогащения полезных ископаемых (ПК-6).

В результате освоения дисциплины обучающиеся будут:

#### **знать:**

особенности вещественного состава углей, руд, неметаллических полезных ископаемых; образование и состав сточных вод горно-металлургических предприятий; методы и процессы извлечения и концентрации полезных компонентов из твердого

минерального сырья и природных и техногенных вод; технологические схемы, режимы и особенности процессов и технологий разделения и концентрации полезных компонентов;

**уметь:**

выбирать и определять оптимальные режимы ведения технологического процесса с учетом особенностей вещественного состава руд; разрабатывать технологические процессы и схемы разделения минеральных компонентов на основе различия их физических, химических и биохимических свойств; проводить сравнительный анализ технологических решений и разрабатывать мероприятия, обеспечивающие повышение эффективности разделения и концентрации минеральных компонентов;

**владеть:**

методами анализа результатов исследований по разработке технологических режимов процессов и схем обогащения различных типов сырья и их экспериментальной проверки; навыками грамотного выбора технологии обогащения с учетом особенностей вещественного состава сырья и необходимости комплексного использования при минимизации затрат на обогащение.

## 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Теория инженерного эксперимента» является элективной (по выбору) вариативной части программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц (з.е.) или 180 академических часов, в том числе 24 часа аудиторных занятий и 156 часов самостоятельной работы

Дисциплина существенно расширяет знания и навыки в области современных физико-химических методов анализа жидких и твердых сред в процессе изучения процессов и технологий разделения и концентрации минеральных компонентов при обогащении минерального сырья природного и техногенного происхождения. Дисциплина носит практико-ориентированный характер.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: геология, математика, физика, химия, органическая химия, обогатительные процессы, технологии обогащения полезных ископаемых, технологическая оценка минерального сырья, технологическая минералогия, контроль технологических процессов обогащения и др.

## 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины (модуля)

### 3.1. Виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость, акад. час
<b>Аудиторные занятия,</b> <b>в том числе:</b>	<b>24</b>
Лекционные занятия (ЛЗ)	12
Семинары (С)	6
Исследовательские лабораторные работы (ИЛР)	4
Индивидуальные консультации (К)	2
<b>Самостоятельная работа (СР),</b> <b>в том числе:</b>	<b>156</b>
Выполнение рефератов (Р)	26
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ (РИР)	52
Выполнение отдельных исследовательских заданий (ИЗ)	78
<b>Всего:</b>	<b>180</b>

### 3.2. Содержание дисциплины (модуля) по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля)	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)							Формы самостоятельной работы*)
		всего	очная форма обучения						
			ЛЗ	НПЗ	ИЛР	С	К	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Физические и физико-химические процессы и технологии разделения и концентрации минеральных компонентов	2	2	-	-	-	-	-	
2	Обогащение с использованием избирательного характера фазовых переходов компонентов полезных ископаемых	36	2	-	-	2	-	32	ИЗ
3	Методы извлечения и концентрирования ценных компонентов из природных и техногенных вод	36	2	-	2	2	-	39	РИР, ИЗ
4	Теоретические основы, химизм процессов, способы и схемы выщелачивания	36	2	-	2	2	-	39	РИР, ИЗ
5	Экстакция. Жидкостная и электроэкстракция. Электролиз.	36	2	-	-	-	-	34	Р
6	Схемы переработки медь-, цинк-, и золотосо-державшего сырья с цементацией и сорбцией.	34	2	-	-	-	2	39	Р
	Итого:	180	12	-	4	6	2	156	

Примечание: ЛЗ – лекционное занятие, НПЗ – научно-практические занятия, ИЛР – исследовательские лабораторные занятия работа, С – семинары, К – индивидуальные консультации; СР – самостоятельная работа обучающихся;

### 3.3. Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов	Литература
1	1	Физические и физико-химические процессы и технологии разделения и концентрации минеральных компонентов	2	О1, О3, О4, Д1, Д3, Д6-Д9, Д12-Д14
2	2	Обогащение с использованием избирательного характера фазовых переходов компонентов полезных ископаемых	2	О1, О3, О4, Д3- Д14

3	3	Методы извлечения и концентрирования ценных компонентов из природных и техногенных вод	2	О1, О2, О3, О5, Д1-Д4
4	4	Теоретические основы, химизм процессов, способы и схемы выщелачивания	2	О1- О 5, Д1- Д 14
5	5	Экстакция. Жидкостная и электроэкстракция. Электролиз.	2	О1- О 5, Д1- Д 14
6	6	Схемы переработки медь-, цинк-, и золотосодержащего сырья с цементацией и сорбцией.	2	О1- О 5, Д1- Д 14
Итого:			12	

#### Тематика семинарских занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
2	1	Отвальное и кучное выщелачивание	2	О1-О8, Д1, Д4, Д8- Д13
3	2	Гидрометаллургия: выщелачивание, цементация	2	О1, О2, О4, О5, Д2- Д14
4	3	Электроэкстракция	2	О1-О4, Д1-Д14
Итого:			6	

#### Тематика исследовательских лабораторных занятий

Таблица 5

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов	Литература
3	1	Методы извлечения и концентрирования ценных компонентов из природных и техногенных вод	2	О1-О3, О5, Д1-Д14
4	2	Практика переработки некондиционных забалансовых руд и техногенного сырья	2	О1-О5, Д1-Д14
Итого:			4	

### 3.4. Перечень занятий, проводимых в активной и интерактивной формах

В активной и интерактивной форме проводятся аудиторные учебные занятия по отдельным разделам и темам дисциплины, указанным в табл. 6

Таблица 6

№ раздела	Вид аудиторного занятия в активной и/или интерактивной форме и его тематика	Кол-во часов
1	Физические и физико-химические процессы и технологии разделения и концентрации минеральных компонентов (лекция: активная форма – 3 часа) Физические и физико-химические методы извлечения и концентрации ценных компонентов на ОФ (семинар: активная форма – 1 часа, интерактивная форма – 1 час)	2
2	Обогащение с использованием избирательного характера фазовых переходов компонентов полезных ископаемых (лекция: активная форма – 3 часа)	4

	Химические и биохимические методы извлечения и концентрации ценных компонентов на ОФ (семинар: активная форма – 1 часа, интерактивная форма – 1 час)	
3	Анализ, оптимизация Методы извлечения и концентрирования ценных компонентов из природных и техногенных вод и проектирование комбинированных многоцикловых схем (лекция: активная форма – 3 часа) Методы извлечения и концентрирования ценных компонентов из природных и техногенных вод (семинар: активная форма – 1 часа, интерактивная форма – 1 час)	6
4	Теоретические основы, химизм процессов, способы и схемы выщелачивания. (лекция: активная форма – 2 часа), (семинар: активная форма – 1 час, интерактивная – 1 час). Применяемые реагенты. (исследовательские лабораторные занятия: активная форма – 2 часа)	6
5	Экологичность. Теоретические основы, факторы, влияющие на процесс, способы и схемы цементации (лекция: активная форма – 2 часа).	2
6	Теоретические основы, факторы, влияющие на процесс, способы и схемы экстракции. (лекция: активная форма – 2 часа).	2
	Итого:	22

#### 4. Перечень заданий для самостоятельной работы

Таблица 7

Задания	Срок выдачи (№ недели)	Срок сдачи (№ недели)	Номера разделов дисциплины (модуля)
Выполнение отдельных исследовательских заданий	2	6	2
	3	7	3
	8	12	4
Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ	6	8	3
	8	13	4
Выполнение рефератов	8	13	4
	10	15	5

#### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета.

##### 5.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине

Контрольные мероприятия текущего контроля

Таблица 8

Вид контрольного мероприятия	Наименование	Срок проведения (№ недели)	Контролируемый объем (№№ разделов)
------------------------------	--------------	----------------------------	------------------------------------

Устный опрос	Физические и физико-химические процессы и технологии разделения и концентрации минеральных компонентов	2	1
	Обогащение с использованием избирательного характера фазовых переходов компонентов полезных ископаемых	4	2
	Методы извлечения и концентрирования ценных компонентов из природных и техногенных вод	6	3
	Теоретические основы, химизм процессов, способы и схемы выщелачивания	8	4
	Экстакция. Жидкостная и электроэкстракция. Электролиз.	10	5
	Схемы переработки медь-, цинк-, и золотосодержащего сырья с цементацией и сорбцией.	12	6
	Защита отчета по исследовательскому заданию	Методы извлечения и концентрирования ценных компонентов из природных и техногенных вод	6
	Практика переработки некондиционных забалансовых руд и техногенного сырья	7	3
	Выщелачивание из лежалых хвостов	12	4

## 5.2. Оценочные средства промежуточной аттестации

Для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине образован фонд оценочных средств в виде контрольных вопросов.

Примерные контрольные вопросы:

1. Физико-химическая геотехнология как предмет на стыке обогащения руд, гидрометаллургии и геотехнологии.
2. Выщелачивание. Способы выщелачивания. Реагенты для выщелачивания.
3. Цианирование, тиосульфатные, хлоридные и другие методы выщелачивания.
4. Ионообменные смолы. Природные сорбенты.
5. Сорбционные аппараты. Сорбционные фильтры. Пачуки
6. Получение золота из элюатов. Основные процессы регенерации и промывки сорбента.
7. Цементация меди. Металл-цементатор. Аппаратура. Технология.
8. Цементация золота цинком и алюминием. Аппаратура. Технология.
9. Осветление растворов. Флокулянты: катионные, анионные, неионогенные, амфи-онные и области их применения. Механизм флокуляции.
10. Жидкостная экстракция. Экстрагенты катионообменные и анионообменные, нейтральные соли.
11. Элюирование. Элюенты. Высаливание.
12. Электролитическое рафинирование меди и золота.

### 5.3. Образовательные технологии по дисциплине

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

- использование электронного демонстрационного материала, лабораторного оборудования и установок по темам, требующим иллюстрации механизмов разделения минералов, работы установок.
- использование стандартных компьютерных программ моделирования и расчета процессов и схем;
- активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, тестирование, защита лабораторных работ и т.д.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Основная литература:

Таблица 9

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
01	Абрамов А.А.	Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых Т.1	МГГУ	2010
02	Газалеева Г.И., Цыпин Е.Ф., Червяков С.А	Рудоподготовка: дробление, грохочение, обогащение	Уралмеханобр	2014
03	Комлев С.Г.	Основы обогащения полезных ископаемых	УГУ	2014
04	Трубецкой К.Н.	Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья	ИПКОН РАН	2010
05	Петухов А.Н	Обогащение полезных ископаемых: область реализации инновационных решений	ЮРГТУ	2010
06	Субботин А.И.	Единые правила безопасности при дроблении, сортировке, обогащении	Пром. безопасность	2008



		полезных ископаемых и окислов руд и концентратов: ПБ 03-571-03		
07	Чантурия В.А.	Прогрессивные технологии комплексной переработки минерального сырья	Руда и Металлы	2008
08	Тихонов О.Н.	Теория разделения минералов	СПб. Горного ин-та	2008

## 6.2. Дополнительная литература:

Таблица 10

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
Д1	Аввакумов Е.Г., Гусев А.А., Ляхов Н.З.	Механические методы активации в переработке природного и техногенного сырья	ИХТТМ РАН	2009
Д2	Авдохин В.М.	Основы обогащения полезных ископаемых. Обогащительные процессы.	МГГУ	2006
Д3	Верхотуров М.В., Амелин С.А., Коннова Н.И.	Обогащение алмазов	ИПК СФУ	2009
Д4	Глазунов Л.А., Сазонов Г.Г.	Творчество ученых в области обогащения полезных ископаемых: по материалам опубликованных диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.	ВСЕГЕИ	2008
Д5	Глембоцкая Т.В.	Развитие обогащения полезных ископаемых в системе горных наук в России (исторический аспект)	МГГУ	2007
Д6	Гершенков А.Ш.	Глубокая переработка минеральных ресурсов: сборник материалов IV Школы молодых ученых и специалистов «Сбалансированное природопользование» (6-8 нояб. 2007 г.)	Рос. акад. наук, Кол. науч. центр, Горн. ин-т	2008
Д7	РАН. Науч. совет по проблемам обогащения полезных ископаемых, ИПКОН, ИГД Сиб. отд. РАН, АГН Новосибирск	Инновационные процессы в технологиях комплексной, экологически безопасной переработки минерального и нетрадиционного сырья.	Ин-т горного дела	2009
Д8	Чантурия В.А.	Инновационные процессы комплексной и глубокой переработки минерального сырья	ТПУ	2013

Д9	Кожиев Х.Х., Ломоносов Г.Г.	Рудничные системы управления качеством минерального сырья	МГГУ	2008
Д10	Цыбин Е.Ф.	Инновационные технологии обогащения минерального и техногенного сырья	УГГУ	2013
Д11	Трубецкой К.Н.	Комплексное освоение недр Земли: новые методы разработки и обогащения многокомпонентных руд и углей в условиях кризиса	ИПКОН РАН	2011
Д12	Междунар. науч.- технич. Конферен- ция, Екатеринбург	Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья.	Екатеринбург	2008 2010 2011
Д13	Чантурия В.А.	Научные основы и современные процессы комплексной переработки труднообогатимого минерального сырья	ИПКОН РАН	2010
Д14	Чекушина Т.В.	Научные технологии обога- щения и комплексной пере- работки труднообогатимого природного и техногенного минерального сырья	УГГУ	2011
Д15	Материалы Международного совещания/Плакси- нские чтения-2014	Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья, международное совещание (2014; Алматы)	ИПКОН РАН, Казах. нац. акад. естеств. наук.- Алматы	2014
Д16	Трубецкой К.Н.	Развитие ресурсосберега- ющих и ресурсовоспроизво- дящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых	ИПКОН РАН	2012
Д17	Чекушина Т.В.	Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр	ИПКОН РАН	2010
Д18	Шадрунова И.В., Орехова Н.Н.	Извлечение цветных метал- лов из гидроминеральных ресурсов: теория и практика	ИПКОН РАН	2009
Д19	Шпирт М.Я., Артемьев В.Б., Силютин С.А	Использование твердых от- ходов добычи и переработки углей	Горное дело	2013

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лабораторное оборудование и установки.
2. Комплект мультимедийного оборудования.