

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АПАТИТСКИЙ ФИЛИАЛ

УТВЕРЖДАЮ  
Директор АФ ФГБОУ ВО «МГТУ»  
к.г.-м.н., доцент И.В. Чикирёв

  
Апатитский филиал  
" 28 " июня 2019 г.  
подпись

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине: Б1.В.03.02 Гидрометаллургические процессы  
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

для направления подготовки (специальности) 04.03.01 Химия  
код и наименование направления подготовки (специальности)

Неорганическая химия и химия координационных соединений  
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

Квалификация выпускника, уровень подготовки бакалавр  
(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

Кафедра - разработчик: ГЕОЭКОЛОГИИ  
название кафедры - разработчика рабочей программы

Апатиты  
2019

Лист согласования

1 Разработчик(и)  
профессор  
должность

геоэкологии  
кафедра

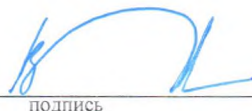
  
подпись

В.А. Маслобоев  
И.О. Фамилия

2. Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры-разработчика рабочей программы  
геоэкологии "28" июня 2019 г. протокол № 13.  
название кафедры дата

Заведующий кафедрой геоэкологии

" 28 " июня 2019 г.

  
подпись

В.К. Жиров

дата


И.О.Фамилия

3. Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры-разработчика рабочей программы  
химии и строительного материаловедения  
название кафедры

"28" июня 2019 г. протокол № 11.  
дата

И.о. заведующего кафедрой – разработчика

"28" июня 2019 г.

  
подпись

А.И. Николаев

дата

И.О.Фамилия

### Лист изменений и дополнений

к рабочей программе по дисциплине Б1.В.03.02 Гидрометаллургические процессы, входящей в состав ОПОП по направлению подготовки 04.03.01 Химия, направленности (профилю) Неорганическая химия и химия координационных соединений, 2019 года начала подготовки.

**Таблица 1.** Изменения и дополнения

<b>№ п/п</b>	<b>Дополнение или изменение, вносимое в рабочую программу в части</b>	<b>Содержание дополнения или изменения</b>	<b>Основание для внесения дополнения или изменения</b>	<b>Дата внесения дополнения или изменения</b>
1				
2				
3				

Дополнения и изменения внесены «\_\_\_» \_\_\_\_\_ г

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Коды циклов дисциплин, модулей, практик	Название циклов, разделов, дисциплин, модулей, практик	Краткое содержание (Цель, задачи, содержание разделов дисциплины, реализуемые компетенции, формы промежуточного контроля, формы отчетности)
1	2	3
Б.1.В.03.02	Гидрометаллургические процессы	<p><b>Цель дисциплины</b> – ознакомление студентов с самыми современными гидрометаллургическими производствами важнейших цветных, редких и благородных металлов.</p> <p><b>Задачи дисциплины:</b> усвоение студентами теоретических основ гидрометаллургических процессов; практическое ознакомление с современными гидрометаллургическими производствами</p> <p><b><u>В результате изучения дисциплины бакалавр должен:</u></b></p> <p><b>Знать:</b> основные закономерности процессов выщелачивания, способы экспериментального определения природы лимитирующей стадии и интенсификации процесса; методы сорбции и экстракции, основы теории и технологии этих процессов; закономерности кристаллизации солей; методы осаждения малорастворимых соединений; методы осаждения металлов из растворов (цементация, восстановление водородом).</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать и анализировать вероятность протекания процесса и влияние основных параметров на константу равновесия реакции;</li> <li>- планировать и проводить экспериментальные исследования по кинетике процесса, используя математические методы планирования эксперимента и обработки полученных результатов;</li> <li>- обсуждать полученные экспериментальные данные, обосновывать их достоверность, анализировать причины отклонения от теоретических закономерностей;</li> <li>- предлагать механизм протекания процесса и способы его интенсификации.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b> основами химической термодинамики и кинетики гидрометаллургических процессов, а также владеть навыками научного анализа конкретного гидрометаллургического процесса, навыками подготовки рекомендаций по его интенсификации и улучшению качества получаемой продукции.</p> <p><b><u>Содержание разделов дисциплины:</u></b>  Классификация металлургических процессов. Задачи гидрометаллургии.  Методы достижения равновесия в гидрометаллургических процессах. Основы организации гидрометаллургических процессов. Термодинамика растворения солей.  Термодинамика выщелачивания с химической реакцией.  Кинетика выщелачивания. Методы изучения кинетики процессов выщелачивания. Закономерности внешней и внутренней диффузии при выщелачивании. Расчет процессов выщелачивания.  Сорбционные механизмы выщелачивания.  Аппараты выщелачивания. Методы интенсификации процессов выщелачивания. Расчет процессов выщелачивания. Построение диаграмм Пурбэ для систем алюминий-вода, медь-вода, цинк-вода.  Массообмен. Массообменные процессы: дистилляция и ректифика-</p>

		<p>ция, сорбция, кристаллизация. Кристаллизация в технологических процессах гидрометаллургии. Расчет процессов кристаллизации. Сорбционные процессы. Сорбенты. Методы расчета.</p> <p><b>Реализуемые компетенции</b> ПК-1-н</p> <p><b>Формы контроля</b> Семестр 8 – экзамен, 2 контрольные работы</p>
--	--	--

### Пояснительная записка

1. Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 17 июля 2017 года, № 671, учебного плана в составе ОП по направлению подготовки 04.03.01 Химия, профилю «Неорганическая химия и химия координационных соединений».

#### 2. Цели и задачи учебной дисциплины (модуля).

**Целью дисциплины (модуля)** «Гидрометаллургические процессы» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и рабочим учебным планом направления 04.03.01 Химия, что предполагает ознакомление обучающихся с самыми современными гидрометаллургическими производствами важнейших цветных, редких и благородных металлов.

**Задачи дисциплины (модуля):**

- усвоение студентами теоретических основ гидрометаллургических процессов;
- практическое ознакомление с современными гидрометаллургическими производствами.

#### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Гидрометаллургические процессы»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия профиль «Неорганическая химия и химия комплексных соединений»:

**ПК-1-н.** Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации

Результаты формирования компетенций и планируемые результаты обучения представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты обучения**

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1.	ПК-1-н. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> - основы гидрометаллургических процессов <b>Уметь:</b>

	для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации		<p>- обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>-навыками практического применения знаний о гидрометаллургических процессах</p> <p><b>Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части:</b></p> <p><b>ПК-1-н-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР в <i>части гидрометаллургии</i></p> <p><b>ПК-1-н-2.</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР в <i>части гидрометаллургии..</i></p> <p><b>ПК-1-н-3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР</p> <p><b>ПК-1-н-4.</b> Готовит объекты исследования в <i>части гидрометаллургии..</i></p>
--	---	--	--

#### 4. Структура учебной дисциплины (модуля)

Таблица 3\* - Распределение учебного времени дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Виды учебной нагрузки, часов	Распределение трудоемкости дисциплины по формам обучения			
	Очная			
	Номер семестра обучения			Всего Часов
	6	7	8	
Лекции	-	-	40	40
Практические занятия	-	-	40	40
Лабораторные работы	-	-	-	-
Самостоятельная работа	-	-	28	28
Подготовка и сдача экзамена	-	-	36	36
Всего часов по дисциплине	-	-	144	144

Формы промежуточного и текущего контроля

Экзамен	-	-	+	+
Зачет / зачет с оценкой	-/-	-/-	-/-	-/-
Курсовая работа (проект)	-	-	-	-
Количество РГЗ	-	-	-	-
Количество контрольных работ	-	-	2	2
Количество рефератов	-	-	-	-
Количество эссе	-	-	-	-

Таблица 4\* - Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

\* Разработчикам РП можно убирать столбцы с формами обучения, если данная форма не реализуется в МГТУ

№ п/п	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки			
		Очная форма			
		Объем работы в часах			
		Лекции	ПР	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6
1	Классификация металлургических процессов. Задачи гидрометаллургии	2			2
2	Методы достижения равновесия в гидрометаллургических процессах. Основы организации гидрометаллургических процессов	4			2
3	Термодинамика растворения солей	2			2
4	Термодинамика выщелачивания с химической реакцией	4			4
5	Кинетика выщелачивания. Методы изучения кинетики процессов выщелачивания. Закономерности внешней и внутренней диффузии при выщелачивании. Расчет процессов выщелачивания.	6	8		4
6	Сорбционные механизмы выщелачивания	4			2
7	Аппараты выщелачивания. Методы интенсификации процессов выщелачивания. Расчет процессов выщелачивания. Построение диаграмм Пурбэ для систем алюминий-вода, медь-вода, цинк-вода.	4	16		4
8	Массообмен. Массообменные процессы: дистилляция и ректификация, сорбция, кристаллизация	6			2
9	Кристаллизация в технологических процессах гидрометаллургии. Расчет процессов кристаллизации	4	8		4
10	Сорбционные процессы. Сорбенты. Методы расчета	4	8		2
	Итого:	40	40	-	28

**Таблица 5 - Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины (модуля), и видов занятий с учетом форм текущего контроля**

Перечень компетенций	Виды занятий								Формы контроля
	Л	ЛР	ПЗ	КР/КП	р	к/р	э	СРС	
ПК-1-н	+		+			+	+	+	Опрос на лекции. Выполнение практических заданий, контрольные работы

\* Разработчикам РП можно убирать столбцы с формами обучения, если данная форма не реализуется в МГТУ

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные работы, ПЗ – практические занятия, КР/КП – курсовая работа (проект), р – реферат, к/р – контрольная работа, э - эссе, СРС – самостоятельная работа студентов

#### Таблица 6 - Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены

#### Таблица 7- Перечень практических работ

№ ПЗ	Наименование тем, их содержание	Кол-во часов	№ темы по табл.4
1	2	3	4
1	Методы изучения кинетики процессов выщелачивания. Расчет процессов выщелачивания.	4	5
2	Контрольная работа №1	4	1-5
3	Расчет процессов выщелачивания. Построение диаграмм Пурбэ для систем алюминий-вода, медь-вода, цинк-вода.	16	7
4	Расчет процессов кристаллизации	6	9
5	Сорбционные процессы. Методы расчета.	6	10
6	Контрольная работа №2.	4	1-10
	<b><u>Всего часов:</u></b>	<b>40</b>	

#### 7. Перечень примерных тем курсовой работы (проекта)

Не предусмотрены

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) \*

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся приводится в Методических указаниях к самостоятельной работе по дисциплине «Гидрометаллургические процессы».

#### 6. Фонд оценочных средств

ФОС входит в состав образовательной программы в качестве самостоятельного документа.

#### 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п\п	Название учебников, учебных пособий и других источников	Авторы (под ред.)	Издательство	Год издания
1	2	3	4	5

\*В перечень входят методические указания к: выполнению практических, лабораторных, контрольных, самостоятельных, расчетно-графических, курсовых работ и др.



Основная:				
1.	Электрохимия	Дамаскин Б.Б., Петрий О.А.	М.: Высш. шк	2008
2.	Свойства электролитов	под ред. Максимовой И.Н.	Старый Оскол «ТНТ»	2010
3.	Сборник задач по электрохимии	под ред. Колпаковой Н.А.	М.: Высш. шк	2010
4.	Физическая химия	Артемов А.В.	М. «Академия»	2013
Дополнительная:				
1.	Физическая химия	Стромберг А.Г., Семченко Д.П.	М. «Высшая школа»	2001
2.	Электрохимия расплавленных солей : учебное пособие <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/93700/#1">https://e.lanbook.com/reader/book/93700/#1</a>	Морачевский А.Г.	Санкт-Петербург : Лань	2017
3.	Термодинамика жидких металлов и сплавов : учебное пособие <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/94210/#1">https://e.lanbook.com/reader/book/94210/#1</a>	Морачевский А.Г.	Санкт-Петербург : Лань	2017

8. **Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) \***

ЭБС «**Университетская библиотека онлайн**» (Договор № 530-10/18 от 01.11.2018 г. ООО «Современные цифровые технологии», с 16.11.2018 г. по 15.11.2019 г.),

ЭБС «**Издательства Лань**» (Договор № 19/85 от 12 сентября 2018 г. ООО «ЭБС Лань», с 02.10.2018 г. по 01.10.2019 г., Договор № 19/159 от 28 мая 2019 г. ООО «Издательство Лань», с 02.10.2019 г. по 01.10.2020 г.),

ЭБС «**Консультант студента**» (Договор № 100 СЛ/03-2018 от 20 марта 2018 г. ООО «Политехресурс», с 21.04.2018 г. по 20.04.2019 г., Договор № 19/37 от 11.03.2019 г. ООО «Политехресурс», с 21.04.2019 г. по 20.04.2020 г.),

ЭБС «**IPR books**» (Лицензионный договор № 3768 18 от 15.03.2018 г. ООО «Ай Пи Эр Медиа», с 20.04.2018 г. до 20.04.2019 г., Лицензионный договор № 4979/ 19 от 01.04.2019 г. ООО «Ай Пи Эр Медиа», с 20.04.2019 г. до 20.04.2020 г.),

ЭБС «**Троицкий мост**» (Договор № 19/38 от 11 марта 2019 г. ООО «Издательско-торговая компания дом «Троицкий мост», с 01.04.2019 г. по 31.03.2020 г.),

**Национальная электронная библиотека (НЭБ)** (Договор № 101/НЭБ/2370 от 09.08.2017 г., с 09.08.2017 г. по 08.08.2022 г.),

**Электронная база данных «EBSCO»** (Сублицензионный договор № 45.49/19.85 от 09.01.2019 г. ООО ЦНИ НЭИКОН, с 01.01.2019 г. по 31.12.2019 г.).

9. **Перечень информационных технологий и лицензионного программного обеспечения, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информацион-**

- 1 Операционная система Microsoft Windows Vista Business Russian Academic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07.2008 (договор №32/379 от 14.07.08 г.)
2. Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.2009 (договор 32/224 от 14.0.2009 г.)
3. Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader Corporate 9.0 (сетевая версия), 2009 год (договор ЛЦ-080000510 от 28 апреля 2009 г.). Операционная система Microsoft Windows Vista Business Russian Academic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07.2008

**Таблица 8 - Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

№ п./п.	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	<p><b>Помещение № 105</b> Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации. г. Апатиты, Академгородок, д. 50а.</p>	<p>Укомплектовано специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации обучающимся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- учебные столы – 9 шт.;</li> <li>- письменные столы – 2 шт.;</li> <li>- стеллаж для книг – 1 шт.;</li> <li>- доска аудиторная – 1 шт.;</li> <li>- оверхед – 1 шт.;</li> <li>- проекционный экран – 1 шт.;</li> <li>- ноутбук <i>Lenovo B50-30</i> – 1 шт.;</li> <li>- мультимедийный DLP-проектор – 1 шт.;</li> <li>- учебно-наглядные пособия.</li> </ul> <p>Посадочных мест – 18.</p>
2.	<p><b>Помещение № 210</b> <b>Компьютерный класс</b> Специальное помещение для проведения практических занятий и самостоятельной работы обучающихся. г. Апатиты, Академгородок, д. 50 а</p>	<p>Укомплектовано специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации, мультимедийным оборудованием:</p> <p>DLP-проектор, проекционный экран, ПЭВМ Intel Pentium G4400 3.3 GHz с ЖК-монитором 19”, объединенными в локальную вычислительную сеть с доступом к интернету, электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета и предназначено для самостоятельной работы обучающихся – 12 шт.;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- компьютерные столы – 12 шт.;</li> <li>- учебные столы – 10 шт.;</li> <li>- стол письменный – 1 шт.;</li> <li>- доска аудиторная – 1 шт.;</li> <li>- кафедра – 1 шт.;</li> <li>- проекционный экран – 1 шт.;</li> <li>- ноутбук <i>Lenovo B50-30</i> – 1 шт.;</li> </ul>

		<p>- мультимедийный DLP-проектор – 1 шт.</p> <p>Посадочных мест – 12 (компьютерные столы), 20 (учебные столы).</p> <p>Персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета со специализированным программным обеспечением:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Операционная система Windows Professional 8.1 Russian Upgrade OLP NL AcademicEdition, лицензия № 64570101 от 26.12.2014 (договор S4093290 от 20.12.2014 г.).</li> <li>2. Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 42024925 от 04.11.2007 (договор 32/224 от 14.07.2009 г.).</li> <li>3. Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader Corporate 9.0 (сетевая версия), (договор ЛЦ-080000510 от 28 апреля 2009 г.).</li> <li>4. Statsoft STATISTICA Advanced 10 for Windows Ru (лицензия от 28.09.2012).</li> <li>5. MathCAD Education (лицензия № 2689694 от 13.09.2012).</li> <li>6. ArcGIS ArcInfo Lab Pack Desktop 10 (договор № 18-02-11 от 01.12.2011).</li> <li>7. CorelDRAW Graphics Suite X5, лицензия № 4087619 от 20.12.2011 (договор № MAV-030/11 от 30.11.2011).</li> <li>8. Autodesk Autocad Revit Series 8.1 (акт передачи-приемки ПО с МГТУ).</li> <li>9. Adobe Photoshop Extended CS5 12.0, лицензия № 8085097 (договор 134136735 от 15.11.2010).</li> <li>10. ScanEx Image Processor с модулем Thematic Pro (договор № 15/1203-ПО от 03.12.2015).</li> </ol>
--	--	---

**Таблица 9 - Технологическая карта дисциплины (промежуточная аттестация - экзамен)**

**Дисциплина «Гидрометаллургические процессы»**

№ п/п	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (недели сдачи)
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1.	Выполнение практического занятия №1	5	7	5-я неделя
2.	Выполнение контрольной работы №1	7	14	6-я неделя
3.	Выполнение практического занятия №2	5	7	7-я неделя

4.	Выполнение практического занятия №3	5	7	8-я неделя
5.	Выполнение практического занятия №4	5	7	9-неделя
6.	Выполнение практического занятия №5	5	7	10-неделя
7.	Выполнение практического занятия №6	5	7	11-неделя
8.	Выполнение контрольной работы №2	7	14	10-неделя
9.	Посещение занятий	5	10	Свыше 75% посещенных занятий – 10, от 75 до 50% - 5, менее 50% - 0
10.	Отработка пропущенного времени	5	10	в течение семестра
11.	Своевременность выполнения контрольных точек	3	5	в течение семестра
12.	Выполнение домашних заданий	3	5	в течение семестра
	<b>Итого за работу в семестре</b>	60	100	
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>				
	Экзамен	10	20	Экзаменационная сессия <i>Оценка «5» - 20 баллов; Оценка «4» - 15 баллов; Оценка «3» - 10 баллов.</i>
	<b>Итоговые баллы по дисциплине</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	69 и менее баллов – «неудовлетворительно»; 70-80 – «удовлетворительно»; 81-90 – «хорошо»; 91-100 – «отлично».