

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Игнатенко Виталий Иванович

Должность: Проректор по образовательной деятельности и методологии образования

Дата подписания: 23.08.2024 12:39:55

Уникальный программный ключ:

a49ae343af5448d45d7e3e1e499659da8109ba78

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

(ЗГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по ОД и МП

Игнатенко В.И.

# ТЕОРИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

## Теория гидрометаллургических процессов

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Металлургия цветных металлов**

Учебный план 22.03.02\_бак\_очн\_МЦ-2024\_прогрес. техн..plx  
Направление подготовки: Metallurgy

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

в том числе:

аудиторные занятия 48

самостоятельная работа 87

часов на контроль 45

Виды контроля в семестрах:

экзамены 6

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	16			
Неделя	16			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	16	16	16	16
Практические	32	32	32	32
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	48	48	48	48
Сам. работа	87	87	87	87
Часы на контроль	45	45	45	45
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*Ст.преподаватель Рогова Людмила Иннокентьевна* \_\_\_\_\_

Согласовано:

*к.т.н. Доцент Крупнов Л.В.* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Теория гидрометаллургических процессов**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Металлургия цветных металлов**

Протокол от 29.05.2024г. № 9

Срок действия программы: 2024-2028 уч.г.

Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова      \_\_\_\_\_ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургия цветных металлов**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2028 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Н.Д. Ванюкова

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	получение базовых знаний и формирование основных навыков в области гидрометаллургии, необходимых для решения задач, возникающих в практической деятельности выпускников данной специальности. Изучение дисциплины позволит освоить гидрометаллургические технологии получения цветных металлов с обеспечением их максимальной эффективности.
-----	--

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:		Б1.В.05
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Введение в профиль	
2.1.2	Аналитическая химия	
2.1.3	Физика	
2.1.4	Общие химические технологии	
2.1.5	Кристаллохимия	
2.1.6	Обогащение руд цветных металлов	
2.1.7	Математический анализ	
2.1.8	Физика	
2.1.9	Обогащение руд цветных металлов	
2.1.10	Математический анализ	
2.1.11	Введение в профиль	
2.1.12	Аналитическая химия	
2.1.13	Общие химические технологии	
2.1.14	Кристаллохимия	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Переработка техногенных ресурсов	
2.2.2	Переработка техногенных ресурсов	

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ПК-2.1:** Анализирует качество технологического процесса, качества продукции по результатам аналитического контроля;

**Знать:**

**Уметь:**

**Владеть:**

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	<b>Раздел 1. Семестр 4</b>						
1.1	Введение /Ср/	6	5	ПК-2.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1 Э2	0	
1.2	Кинетика и механизм процесса выщелачивания /Лек/	6	1	ПК-2.1	Л1.1Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	0	

1.3	Кинетика и механизм процесса выщелачивания /Ср/	6	4	ПК-2.1	Л1.1Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	0	
1.4	Интенсификация процесса выщелачивания /Лек/	6	1	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.5	Интенсификация процесса выщелачивания /Ср/	6	10	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.6	Определение кинетических параметров процесса выщелачивания /Пр/	6	4	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	0	
1.7	Определение кинетических параметров процесса выщелачивания /Ср/	6	10	ПК-2.1	Л1.1Л2.2 Л2.3 Э1 Э2	0	
1.8	Способы выщелачивания и применяемая аппаратура /Пр/	6	6	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
1.9	Способы выщелачивания и применяемая аппаратура /Ср/	6	10	ПК-2.1	Л1.1Л2.2 Э1 Э2	0	
1.10	Автоклавное выщелачивание /Пр/	6	8	ПК-2.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
1.11	Автоклавное выщелачивание /Ср/	6	10	ПК-2.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Э1 Э2	0	
1.12	Экстракционные процессы и их аппаратурное оформление /Ср/	6	10	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.13	Ионообменные процессы /Ср/	6	10	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.14	Факторы, влияющие на растворимость солей /Лек/	6	1	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.15	Факторы, влияющие на растворимость солей /Пр/	6	6	ПК-2.1	Л1.1Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
1.16	Факторы, влияющие на растворимость солей /Ср/	6	10	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.17	Выделение малорастворимых соединений /Лек/	6	6	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.18	Выделение малорастворимых соединений /Пр/	6	8	ПК-2.1	Л1.1Л2.1 Л2.4 Э1 Э2	0	
1.19	Выделение малорастворимых соединений /Ср/	6	2	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.20	Разделение металлов осаждением труднорастворимых соединений. Закономерности осаждения примесей. /Лек/	6	6	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.21	Разделение металлов осаждением труднорастворимых соединений. Закономерности осаждения примесей. /Ср/	6	1	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.22	Основы процесса выпаривания /Ср/	6	1	ПК-2.1	Л1.4 Э1 Э2	0	
1.23	Основы процесса кристаллизации /Лек/	6	1	ПК-2.1	Л1.4 Э1 Э2	0	
1.24	Основы процесса кристаллизации /Ср/	6	1	ПК-2.1	Л1.4 Э1 Э2	0	
1.25	Термодинамика и кинетика процесса кристаллизации /Ср/	6	1	ПК-2.1	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	

1.26	Осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и другими газами /Ср/	6	1	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	
1.27	Выделение металлов цементацией /Ср/	6	1	ПК-2.1	Л1.1 Э1 Э2	0	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Основные стадии гидрометаллургического производства.
2. Термодинамические свойства идеальных и реальных растворов.
3. Простое растворение. Выщелачивание с химической реакцией.
4. Методы определения константы равновесия.
6. Связь между расходом реагентов и константой равновесия реакции.
7. Схема модели выщелачивания. Основные стадии выщелачивания. Общее уравнение потока выщелачивания.
8. Особенности кинетики реакций, протекающих на поверхности твердого вещества.
9. Закономерности внешней диффузии. Признаки протекания процесса во внешнедиффузионной области.
10. Закономерности внутренней диффузии. Признаки протекания процесса во внутридиффузионной области.
11. Диффузионная кинетика с участием двух (или более) растворенных реагентов.
12. Закономерности протекания процесса в кинетической области. Признаки процесса.
13. Влияние условий выщелачивания на лимитирующую стадию процесса.
14. Основные направления интенсификации процессов выщелачивания. Схема двухстадийного противоточного выщелачивания.
15. Способы активирования твердых тел.
16. Режимы выщелачивания. Схема прямоточного каскада реакторов.
17. Методы и аппаратура выщелачивания.
18. Выщелачивание просачиванием (перколяция).
19. Производство растворимости.
20. Условия осаждения гидроксидов и основных солей.
21. Осаждение сульфидов металлов.
22. Совместное неизоморфное осаждение.
23. Изоморфное соосаждение.
24. Адсорбционное соосаждение примесей.
25. Старение осадков.
26. Гомогенное и гетерогенное образование центров кристаллизации.
29. Механизм и кинетика цементации.

### 5.2. Темы письменных работ

Самостоятельная работа

### 5.3. Фонд оценочных средств

Критерии оценки знаний студентов при проведении тестирования . Тестовое задание по дисциплине содержит 25 вопросов.

- Оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 80% тестовых заданий;
- Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 60% тестовых заданий;
- Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее 45%.

Критерии оценки знаний студентов при проведении промежуточной аттестации Экзаменационный билет содержит 3 вопроса.

- Оценка «отлично» выставляется при условии правильного и полного ответа студента на все три вопроса, а также на все дополнительные вопросы;
- Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента на все три вопроса, но при этом ответы неполные или в них допущены неточности; даны ответы более чем на 50% дополнительных вопросов;
- Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии неполного ответа студента на все три вопроса либо дан полный ответ на два вопроса, на третий вопрос ответ отсутствует; даны ответы менее чем на 50% дополнительных вопросов.

### 5.4. Перечень видов оценочных средств

Оценочные средства по категории "ЗНАТЬ": контрольные вопросы, тесты, экзаменационные билеты.

Оценочные средства по категории "УМЕТЬ": расчетные задания, тесты, экзаменационные билеты.

Оценочные средства по категории "ВЛАДЕТЬ": расчетные задания.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
--	---------------------	----------------------	-------------------	----------

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Вольдман Г.М., Зеликман А.Н.	Теория гидрометаллургических процессов: Учеб. пособие для вузов	М.: Интермет инжиниринг, 2003	50
Л1.2	Набойченко С. С. [ и др.]	Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов: В 3-х т.	Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008	6
Л1.3	Набойченко С. С., Шнеерсон Я. М.	Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов: В 3-х т.	Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009	7
Л1.4	Рогова Л. И.	Выпаривание и кристаллизация: учеб. пособие	Норильск: НГИИ, 2016	48

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Чекушин В.С., Олейникова Н.В.	Гидрометаллургические процессы: практикум для вузов	Красноярск, 2004	17
Л2.2	Чекушин В.С., Перфильева Н.С., Олейникова Н.В.	Теория гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для вузов	Красноярск, 2004	19
Л2.3	Большаков Л. А., Носова О. В., Петухова Л. И., Тулупова И. Г.	Теория гидрометаллургических процессов. Определение кинетических параметров реакции: учеб. пособие	Норильск: НИИ, 2009	53
Л2.4	Рогова Л. И., Тулупова И. Г.	Теория гидрометаллургических процессов: практикум	Норильск: НИИ, 2011	50
Л2.5	Рогова Л.И.	Металлургические расчеты: учеб. пособие для вузов	Норильск: НИИ, 2007	42

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Норильский индустр. ин-т; сост. Л. И. Рогова	Теория гидрометаллургических процессов: метод. указания к лабораторным работам для студентов направлений подготовки "Металлургия" всех профилей подготовки и "Горное дело" профиля подготовки "Обогащение полезных ископаемых"	Норильск: НИИ, 2015	48

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронный каталог ЗГУ <a href="http://biblio.norvuz.ru">http://biblio.norvuz.ru</a>
Э2	Электронно-библиотечная система «ЛАНЬ» <a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>

#### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	MS Windows 7 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.2	MS Office Standard 2013 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.3	MS Office Standard 2007 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.4	MS Windows XP (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.5	ABBYY FineReader 10 (Номер лицензии 94965 от 25.08.2010)

#### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Электронная библиотечная система <a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> ;
6.3.2.2	ЭБ ЗГУ

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

7.1	Учебные аудитории для проведения лекций;
7.2	Учебные аудитории для практических (семинарских) занятий;
7.3	Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, самостоятельной работы; текущего контроля и промежуточной аттестации;
7.4	Учебные аудитории для проведения лабораторных работ

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для успешного освоения учебного материала студенту необходимо ясно понимать значимость и место дисциплины в его профессиональной подготовке и активно участвовать во всех видах учебного процесса. По дисциплине учебным планом предусмотрена контактная и самостоятельная работа обучающегося.

Контактная работа включает лекционные, практические и лабораторные занятия, коллективные и индивидуальные консультации.

На лекционных занятиях необходимо внимательно слушать преподавателя, подробно и аккуратно вести конспект, который дополняется и корректируется в процессе самостоятельной проработки материала. Практические занятия предусмотрены для формирования умений и навыков применения теории на практике для решения профессиональных задач.

Перед лабораторным занятием студенту необходимо проработать предыдущий теоретический курс, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу, а также ознакомиться с ходом работы в соответствии с источниками.

На практических занятиях студентами выполняются тематические и расчетные задания по темам курса. Студенту необходимо активно участвовать в учебном процессе, при необходимости задавать вопросы преподавателю.

Текущий контроль проводится в виде: защиты практических заданий и отчетов по лабораторным работам.

Для реализации самостоятельной работы созданы следующие условия и предпосылки:

1. студенты обеспечены информационными ресурсами в библиотеке ЗГУ (учебниками, учебными пособиями, банком индивидуальных заданий);
2. студенты обеспечены информационными ресурсами в локальной сети ЗГУ (в электронном виде выставлено методическое обеспечение дисциплины);
3. организованы еженедельные консультации.

Промежуточная аттестация по дисциплине. Подготовка к промежуточной аттестации включает проработку теоретического материала, ответы на контрольные вопросы. Вопросы, возникающие во время подготовки, можно выяснить во время консультации.

Для получения допуска студент должен выполнить, оформить и сдать все виды работ, предусмотренные тематическим планом учебной программы дисциплины.

Допуск выставляется только в случае положительной аттестации по всем контрольным точкам и после выполнения студентом всех видов самостоятельной и аудиторной работы.