

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Документ подписан простыми средствами  
Информация о владельце: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
ФИО: Крюков Вадим Николаевич высшего образования  
Должность: Проректор по образовательной деятельности и инновационной политике  
Запорожский государственный университет им. Н.М. Федоровского»  
Дата подписания: 23.06.2026 09:23:20 (ЗГУ)  
Уникальный программный ключ:  
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по ОД и МП  
Крюков В.Н.

## Металлургия тяжелых металлов

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Металлургии, машин и оборудования**  
Учебный план 2.6.2. \_МЦа-2026+.plx  
Научная специальность: **Металлургия черных, цветных и редких металлов**  
**аспирант**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 72 Виды контроля в семестрах: экзамен  
в том числе:  
аудиторные занятия 24  
самостоятельная работа 21  
часов на контроль 27

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	<b>3 (3.1)</b>	
Неделя		
Вид занятий	уп	рп
Лекции	12	12
Практические	12	12
Итого ауд.	24	24
Контактная работа	24	24
Сам. работа	21	21
Часы на контроль	27	27
Итого	72	72

Рецензент(ы):

Рабочая программа дисциплины  
**Металлургия тяжелых металлов**

разработана в соответствии с ФГТ:

Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

составлена на основании учебного плана:

Научная специальность: **Металлургия черных, цветных и редких металлов**

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры  
**Металлургии, машин и оборудования**

Протокол от № 11 от 10.06.2026 г.

Срок действия программы: 2026-2028 уч.г.

И.о. зав. кафедрой к.т.н., доцент Е.В. Лаговская

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

\_\_ \_\_\_\_\_ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургии, машин и оборудования**

Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_  
Зав. кафедрой

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

\_\_ \_\_\_\_\_ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургии, машин и оборудования**

Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_  
Зав. кафедрой

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

\_\_ \_\_\_\_\_ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургии, машин и оборудования**

Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_ 2028 г. № \_\_  
Зав. кафедрой

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

\_\_ \_\_\_\_\_ 2029 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры  
**Металлургии, машин и оборудования**

Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_ 2029 г. № \_\_  
Зав. кафедрой

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Формирование профессиональных знаний в области металлургии тяжелых металлов, определения физико-химической сущности металлургических процессов; формирование умения металлургических расчетов; Отработка навыков работы со специальной физико-химической литературой: учебниками, задачками, справочниками, электронными ресурсами и др.
-----	--

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	2.1.4
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Физико-химические основы металлургического производства
2.1.2	Физико-химические основы металлургического производства
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>

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

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 3</b>						
1.1	Структура и содержание курса. Общие вопросы металлургии свинца и цинка /Лек/	3	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Э1	0	
1.2	Современные технологические схемы переработки свинцовых концентратов /Лек/	3	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Э1	0	
1.3	Современные технологические схемы переработки свинцовых концентратов /Пр/	3	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Э1	0	
1.4	Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов /Лек/	3	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	0	
1.5	Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов /Пр/	3	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	0	
1.6	Восстановительная плавка свинцового агломерата /Лек/	3	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	0	
1.7	Восстановительная плавка свинцового агломерата /Пр/	3	1		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	0	
1.8	Автогенные способы плавки свинцовых концентратов /Пр/	3	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	0	
1.9	Рафинирование черного свинца /Пр/	3	1		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	0	
1.10	Комплексная переработка шлаков и пылей свинцового производства /Ср/	3	21		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1	0	
	<b>Раздел 2. Семестр 4</b>						
2.1	Кинетика и механизм процесса выщелачивания /Лек/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	0	

2.2	Кинетика и механизм процесса выщелачивания /Пр/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	0	
2.3	Кинетика и механизм процесса выщелачивания /Ср/	4	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	0	
2.4	Интенсификация процесса выщелачивания /Лек/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	0	
2.5	Интенсификация процесса выщелачивания /Пр/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	0	
2.6	Интенсификация процесса выщелачивания /Ср/	4	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	0	
2.7	Определение кинетических параметров процесса выщелачивания /Лек/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	0	
2.8	Определение кинетических параметров процесса выщелачивания /Пр/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	0	
2.9	Определение кинетических параметров процесса выщелачивания /Ср/	4	6		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1	0	
2.10	Способы выщелачивания и применяемая аппаратура /Лек/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	0	
2.11	Способы выщелачивания и применяемая аппаратура /Пр/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	0	
2.12	Способы выщелачивания и применяемая аппаратура /Ср/	4	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	0	
2.13	Автоклавное выщелачивание /Лек/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	0	
2.14	Автоклавное выщелачивание /Пр/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	0	
2.15	Автоклавное выщелачивание /Ср/	4	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	0	
2.16	Экстракционные процессы и их аппаратурное оформление /Лек/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	0	
2.17	Экстракционные процессы и их аппаратурное оформление /Пр/	4	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	0	
2.18	Экстракционные процессы и их аппаратурное оформление /Ср/	4	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1	0	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

Тема: Общие вопросы металлургии свинца и цинка

1. Перечислите основные области применения свинца и цинка в народном хозяйстве.
2. Охарактеризуйте производство и потребление свинца в России и за рубежом.
3. Приведите классификацию свинец- и цинксодержащих руд, перечислите основные минералы свинца и цинка.
4. Каков химический и минералогический состав сульфидных и окисленных полиметаллических руд, содержащих свинец и цинк?
5. Назовите основные районы месторождений свинцово-цинковых и свинцово – медно -цинковых руд в СНГ и за рубежом.

Тема: Современные технологические схемы переработки свинцовых концентратов

1. Назовите физические и химические свойства свинца.
2. Охарактеризуйте состав свинцовых концентратов.
3. Какие возможны методы переработки свинцовых концентратов?
4. Дайте характеристику пирометаллургических и гидрометаллургических способов переработки свинцовых концентратов.
5. Изложите сущность переработки свинцовых концентратов восстановительной плавкой. Опишите технологическую схему переработки концентратов методом восстановительной плавки.
6. Изложите сущность и химизм реакционной, осадительной, содовой и щелочной плавки.
7. Каковы основные достоинства и недостатки различных способов переработки свинцовых концентратов.

Тема: Агломерирующий обжиг свинцовых концентратов

1. Какова цель агломерирующего обжига свинцовых концентратов?
2. Охарактеризуйте термодинамические и кинетические закономерности окисления сульфидов.
3. Каково поведение компонентов шихты при обжиге?
4. Каковы конструкции и принцип действия ленточной спекательной машины с просасыванием и продувкой воздуха?
5. Назовите параметры процесса обжига (температура в слое шихты, влажность шихты, расход воздуха, толщина слоя шихты, скорость движения паллет).
6. Охарактеризуйте продукты обжига (агломерат, пыль, газы)
7. Каковы пути совершенствования агломерирующего обжига свинцовых концентратов?

Тема: "Гидрометаллургия"

1. Значение гидрометаллургии в производстве цветных металлов.
2. Основные стадии гидрометаллургического производства.
3. Термодинамические свойства идеальных и реальных растворов.
4. Простое растворение. Характеристика воды как растворителя.
5. Выщелачивание с химической реакцией.
6. Методы определения константы равновесия.
7. Связь между расходом реагентов и константой равновесия реакции.
8. Схема модели выщелачивания. Основные стадии выщелачивания. Общее уравнение потока выщелачивания.
9. Особенности кинетики реакций, протекающих на поверхности твердого вещества.
10. Закономерности внешней диффузии. Признаки протекания процесса во внешнедиффузионной области.
11. Закономерности внутренней диффузии. Признаки протекания процесса во внутридиффузионной области.
12. Диффузионная кинетика с участием двух (или более) растворенных реагентов.
13. Закономерности протекания процесса в кинетической области. Признаки процесса.
14. Влияние условий выщелачивания на лимитирующую стадию процесса.
15. Методика исследования кинетики выщелачивания.
16. Кинетика выщелачивания дисперсных твердых веществ.
17. Влияние дефектов кристаллической решетки на кинетику реакции твердое - жидкость.
18. Основные направления интенсификации процессов выщелачивания. Схема двухстадийного противоточного выщелачивания.
19. Способы активирования твердых тел.
20. Режимы выщелачивания. Схема прямоточного каскада реакторов.

## 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 билет для зачета 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
Л1.1	Юрьев А.И., Нафгаль М.Н., Набойченко С.С., Салимжанова Е.В., Лесникова Л.С., Шульга Е.В., Петухова Л.И., Колмачихина Э.Б.	Применение поверхностно-активных веществ в обогатительных и металлургических процессах: монография	Норильск: НГИИ, 2017	13
Л1.2	Юрьев А.И., Нафгаль М.Н., Набойченко С.С., Салимжанова Е.В., Лесникова Л.С., Шульга Е.В., Петухова Л.И., Колмачихина Э.Б.	Применение поверхностно-активных веществ в обогатительных и металлургических процессах: монография	Норильск: НГИИ, 2017	10
Л1.3	Юрьев А.И., Нафгаль М.Н., Набойченко С.С., Салимжанова Е.В., Лесникова Л.С., Шульга Е.В., Петухова Л.И., Колмачихина Э.Б.	Применение поверхностно-активных веществ в обогатительных и металлургических процессах: монография	Норильск: НГИИ, 2017	8

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Юрьев А.И., Носова О.В., Фомичев В.Б., Большакова О.В., Ладыгичев М.Г., Пикин Н.А.	Технология производства кобальта: монография	Норильск: НИИ, 2014	14
Л2.2	Лолейт С. И., Меретуков М. А., Стрижко Л. С., Гурий К. К.	Современные проблемы металлургии и материаловедения благородных металлов <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47428">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47428</a>	, 2012	0

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

Э1 Электронный каталог ЗГУ <http://biblio.norvuz.ru>

**6.3.1 Перечень программного обеспечения**

6.3.1.1	MS Office Standard 2013 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.2	MS Windows XP (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)
6.3.1.3	ABBYY FineReader 10 (Номер лицензии 94965 от 25.08.2010)
6.3.1.4	Консультант Плюс (версия для образовательных учреждений)

**6.3.2 Перечень информационных справочных систем****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;

**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.

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, защиты расчетно-графических работ.

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.