

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Запорожский государственный университет им. Н.М. Федоровского»  
 (ЗГУ)  
 Документ подписан проставив электронную подпись  
 Информация о владельце: **Крюков Вадим Николаевич**  
 ФИО: Крюков Вадим Николаевич  
 Должность: Проректор по образовательной деятельности и инновационной политике  
 Дата подписания: 25.06.2026 10:54:42  
 Уникальный программный ключ:  
 1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по ОД и МП  
 \_\_\_\_\_ Крюков В.Н.

## Металлургия редких металлов

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Металлургии, машин и оборудования**  
 Учебный план 22.03.02\_бак\_оч-заоч\_TM-2026.plx  
 Направление подготовки: **Металлургия**  
**бакалавр**

Форма обучения **очно-заочная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 216  
 в том числе:  
 аудиторные занятия 32  
 самостоятельная работа 157  
 Часы на контроль 27

Виды контроля в семестрах: зачет 8, экзамен 9

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		9 (5.1)		Итого	
	Неделя		Неделя			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	8	8	8	8	16	16
Практические	8	8	8	8	16	16
Итого ауд.	16	16	16	16	32	32
Контактная работа	16	16	16	16	32	32
Сам. работа	92	92	65	65	157	157
Часы на контроль	-	-	27	27	27	27
Итого	108	108	10	108	216	216

Программу составил(и):

Ст. преподаватель Каверзин Антон Викторович \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

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

Протокол от 10.06.2026г. № 11

Срок действия программы: 2026-2031 уч.г.

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

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

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ 2027 г.

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

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ 2028 г.

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

Протокол от \_\_\_\_\_ 2028 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ 2029 г.

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

Протокол от \_\_\_\_\_ 2029 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ 2030 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_\_\_ 2030 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	формирование у студентов систематизированных знаний в области металлургии цветных металлов. Формирование умения определения целей и физико-химической сущности процессов, используемых при производстве редких металлов; определения принципов работы и основных параметров оборудования, применяемого для производства редких металлов. Закрепление умения навыков производства металлургических расчетов.
-----	---

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Введение в профиль
2.1.2	Физика
2.1.3	Неорганическая химия
2.1.4	Специальная химия
2.1.5	Общие химические технологии
2.1.6	Материаловедение
2.1.7	Кристаллохимия
2.1.8	Коррозия и защита металлов
2.1.9	Защита технологического оборудования от воздействия агрессивной среды
2.1.10	Аналитическая химия
2.1.11	Физическая химия
2.1.12	Метрология, стандартизация и сертификация
2.1.13	Обогащение руд цветных металлов
2.1.14	Металлургия тяжелых цветных металлов
2.1.15	Переработка техногенных ресурсов
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Экология металлургического производств

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

ПК-2.2: Определяет объекты металлургии с учетом фактора территориальной расположенности

ПК-1.2: Использует основные принципы разработки технических решений и технологий в области металлургии

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

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте пакт.	Примечание
	<b>Раздел 1. семестр 7</b>						
1.1	Структура и содержание курса. Классификация редких металлов Тугоплавкие металлы. Вольфрам: минералы, руды, рудные концентраты /Лек/	8	4	ПК-1.2 ПК-2.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1	0	

1.2	Структура и содержание курса. Классификация редких металлов Тугоплавкие металлы. Вольфрам: минералы, руды, рудные концентраты /Ср/	8	20	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Э1	0	
1.3	Тугоплавкие металлы. Вольфрам: способы переработки вольфрамовых концентратов. Автоклавно-содовый способ разложения. Экстракционный способ переработки растворов вольфрамата натрия. /Лек/	8	3	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Э1	0	
1.4	Тугоплавкие металлы. Вольфрам: способы переработки вольфрамовых концентратов. Автоклавно-содовый способ разложения. Экстракционный способ переработки растворов вольфрамата натрия. /Пр/	8	4	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Э1	0	
1.5	Тугоплавкие металлы. Вольфрам: способы переработки вольфрамовых концентратов. Автоклавно-содовый способ разложения. Экстракционный способ переработки растворов вольфрамата натрия. /Ср/	8	20	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Э1	0	
1.6	Тугоплавкие металлы. Молибден: минералы, руды, рудные концентраты. Способы переработки молибденовых концентратов /Лек/	8	1	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Э1	0	
1.7	Тугоплавкие металлы. Молибден: минералы, руды, рудные концентраты. Способы переработки молибденовых концентратов /Пр/	8	3	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Э1	0	
1.8	Тугоплавкие металлы. Молибден: минералы, руды, рудные концентраты. Способы переработки молибденовых концентратов /Ср/	8	20	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Э1	0	
1.9	Производство чистого оксида молибдена (Ш) /Пр/	8	1	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.10	Производство чистого оксида молибдена (Ш) /Ср/	8	20	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.11	Тугоплавкие металлы. Тантал им необий: минералы, руды, рудные концентраты. Способы переработки молибденовых концентратов /Ср/	8	12	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.12	Тугоплавкие металлы. Титан: минералы, руды, рудные концентраты. Способы переработки титановых концентратов /Лек/	9	8	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.13	Тугоплавкие металлы. Титан: минералы, руды, рудные концентраты. Способы переработки титановых концентратов /Пр/	9	8	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
1.14	Тугоплавкие металлы. Титан: минералы, руды, рудные концентраты. Способы переработки титановых концентратов /Ср/	9	32	ПК-1.2 ПК- 2.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	

1.15	Рассеянные металлы: рений галлий, индий – источники сырья, способы переработки сырья /Ср/	9	33	ПК-1.2 ПК-2.2	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1	0	
------	---	---	----	---------------	----------------------------------	---	--

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Классификация редких металлов
2. Тугоплавкие металлы. Свойства вольфрама и его соединений, области применения.
3. Минералы вольфрама, руды и месторождения вольфрама, обогащение вольфрамовых руд
4. Способы переработки вольфрамовых концентратов.
5. Спекание с содой
6. Разложение вольфрамовых концентратов раствором гидроксида натрия.
7. Автоклавно-содовый способ разложения.
8. Экстракционный способ переработки растворов вольфрамата натрия.
9. Разложение шеелитовых концентратов кислотами.
10. Молибден: свойства молибдена и его соединений, минералы
11. Молибденовые руды, рудные концентраты
12. Способы переработки молибденовых концентратов
13. Окислительный обжиг молибденовых концентратов.
14. Производство чистого оксида молибдена (III) - способ возгонки
15. Производство чистого оксида молибдена (III) - гидрометаллургический способ переработки молибденовых огарков
16. Производство чистого оксида молибдена (III) - извлечение из хвостов после выщелачивания огарков
17. Производство чистого оксида молибдена (III) извлечение из маточных растворов
18. Производство чистого оксида молибдена (III) - термическое разложение парамолибдата аммония
19. Тантал им ниобий: свойства простых веществ и их соединений
20. Тантал им ниобий: минералы, руды, рудные концентраты.
21. Тантал им ниобий: Способы переработки титано-ниобиевых концентратов.
22. Переработка концентратов: способ хлорирования; сернокислотный способ переработки лопарита.
23. Разложение плавиковой кислоты;
24. Разложение сплавлением со щелочами.
25. Разделение тантала и ниобия и очистка их соединений от примесей.
26. Титан: свойства простых веществ и их соединений
27. Титан : минералы, руды, рудные концентраты.
28. Способы переработки титановых концентратов.
29. Продукты переработки титановых концентратов.
30. Восстановительная плавка ильменита.
31. Получение искусственного рутила из ильменитовых концентратов.
32. Производство четыреххлористого титана.
33. Способы производства титана. Рассеянные металлы: рений галлий, индий - свойства простых веществ и их соединений;
34. Рассеянные металлы: рений галлий, индий источники сырья,
35. Рассеянные металлы: рений галлий, индий - способы переработки сырья.
36. Получение порошкообразного рения электролизом.
37. Получение германия из пылей при переработке медных концентратов.
38. Получение галлия электролитическим методом и методом 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.
<b>5.4. Перечень видов оценочных средств</b>
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	Носова О. В., Юрьев А. И.	Курсовое и дипломное проектирование. Технологические расчеты: учеб. пособие	Норильск: НИИ, 2012	49
Л1.2	Набойченко С.С., Агеев Н.Г., Дорошкевич А.П. [и др.]	Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник для вузов	Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005	5
Л1.3	Дриц М.Е., Дриц А.М., Будберг П.Б.	Свойства элементов: справочник: В 2 кн.	М.: Изд. дом "Руда и Металлы", 2003	2
Л1.4	под ред. В. А. Чантурия	Прогрессивные технологии комплексной переработки минерального сырья: сборник	М.: Руда и металлы, 2008	2

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, размещение	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Вольдман Г.М., Зеликман А.Н.	Теория гидрометаллургических процессов: Учеб. пособие для вузов	М.: Интермет инжиниринг, 2003	50
Л2.2	Бобович Б.Б., Девяткин В.В.	Переработка отходов производства и потребителей: Справочное изд.	М.: Интермет инжиниринг, 2000	1
Л2.3	Севрюков Н.Н., Кузьмин Б.А., Челищев Е.В.	Общая металлургия: учебник для вузов	М.: Металлургия, 1976	37

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

Э1	Электронный каталог ЗГУ <a href="http://biblio.norvuz.ru">http://biblio.norvuz.ru</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	ABBY 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.