



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГДиТ
И.А. Пыталев

07.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО
И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ***

Научная специальность
2.8.9. Обогащение полезных ископаемых

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГТ (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
27.02.2025, протокол № 4

Зав. кафедрой  И.А. Гришин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ
07.02.2025 г. протокол № 4

Председатель  И.А. Пыталев

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры ГМДиОПИ, докт. техн. наук  Н.Н. Орехова

Рецензент:

профессор кафедры обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», докт. техн. наук



А.Е. Пелевин

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.А. Гришин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

являются:

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

2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физико-химические процессы переработки природного и техногенного сырья» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

КНС-2	Способен разрабатывать технологии и аппараты физико-механической, физико-химической, химической, биохимической, химико-металлургической переработки и обогащения полезных ископаемых; имеет навыки технолого-минералогической оценки исследуемых объектов
КНС-5	Знает физические и химические процессы разделения, концентрации минералов природного и техногенного происхождения, физические и химические процессы извлечения полезных компонентов из природных и техногенных вод

3. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 42 акад. часов;
- аудиторная – 42 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 30 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа студента	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Лек.	практ. зан.		
1. Введение					
1.1 Основные направления развития геотехнологических методов. Объекты геотехнологии. Физические и химические процессы. Краткая характеристика процессов.	3	2		4	Работа с литературой, подготовка к устному опросу
Итого по разделу	2			4	
2. Геотехнология металлов: подземное выщелачивание					
2.1 Геотехнологические схемы переработки. Подготовка объекта, способ подачи раствора, технология выщелачивания.	3	2	2	4	Работа с литературой, подготовка к устному опросу
Итого по разделу	2		2	4	
3. Геотехнология металлов: отвальное и кучное выщелачивание					
3.1 Характеристика сырья. Сооружение и подготовка отвалов и куч. Технология выщелачивания, способы орошения.	3	4	6	6	Устный опрос Практическая работа №1 Оформление конспекта, проверка оформления и выполнения работы
Итого по разделу	4		6	6	
4. Гидрометаллургия: выщелачивание					
4.1 Теоретические основы, химизм процессов, способы и схемы выщелачивания. Применяемые реагенты. Экологичность.	3	2		2	Работа с литературой, подготовка к устному опросу
Итого по разделу	2			2	
5. Гидрометаллургия: чановое и агитационное выщелачивание					
5.1 Схемы выщелачивания. Технологические режимы. Аппараты: чаны, перколяторы, автоклавы.	3	2	4	6	Устный опрос Практическая работа №2. Проверка выполнения работы.
Итого по разделу	2		4	6	
6. Гидрометаллургия: цементация меди					
6.1 Теоретические основы, факторы, влияющие на процесс, способы и схемы цементации.	3	2	4	2	Устный опрос Практическая №2 Оформление конспекта, Практическая проверка
Итого по разделу	2		4	2	
7. Электроэкстракция					
7.1 Эктакция. Жидкостная и электроэкстракция. Электролиз. Теоретические основы, факторы, влияющие на процесс, способы и схемы экстракции.	3	3		2	Устный опрос
Итого по разделу	3			2	
8. Практика переработки некондиционных забалансовых руд и техногенного сырья					
8.1 Схемы переработки медь-, цинк-, и золотосодержащего сырья с цементацией и сорбцией. Технологические показатели.	3	4	5	4	Устный опрос Практическая работа №4 Оформление конспекта, проверка выполнения работы.
Итого по разделу	4		5	4	
Итого за семестр	21		21	30	зачёт
Итого по дисциплине	21		21	30	зачет

4 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

Представлены в приложении 1.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины а) Основная литература:

1. Авдохин, В.М. Основы обогащения полезных ископаемых : учебник : в 2 томах / В.М. Авдохин. — 4-е изд., стер. — Москва : Горная книга, [б. г.]. — Том 2 : Тех-нологии обогащения полезных ископаемых — 2017. — 312 с. — ISBN 978-5-98672-465-2. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111337>

2. Клейн, М.С. Технология обогащения полезных ископаемых : учебное пособие / М.С. Клейн, Т.Е. Вахонина. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 193 с. — ISBN 978-5-906888-51-8. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105409>

3. Основы металлургического производства : учебник / В.А. Бигеев, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев, В.М. Салганик. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-2486-3. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/901651>.
Колтунов А.В. Геотехнология и гидрометаллургия: конспект лекций. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. - 205 с.

3. Физико-химическая геотехнология : учебник для вузов / В.Ж. Арнс, О.М. Гридин, Е.В. Крейнин [и др.] ; под ред. В.Ж. Арнса. — М.: МГТУ, 2010. — 574 с.

4. Мастюгин С.А., Набойченко С.С., Волкова Н.А. Типовое оборудование для гидрометаллургических процессов: учебное пособие.- Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. — 229 с.

б) Дополнительная литература:

1. Снурников А.П. Гидрометаллургия цинка.- М., «Металлургия», 1981. - 384 с.

2. Набойченко С.С. Смирнов В.И. Гидрометаллургия меди.- М.: «Металлургия», 1974. -272. с.

3. Абрамов А.А., Леонов С.Б. «Обогащение руд цветных металлов», М., Недра, 1991.

4. Вольдман Г.М. Основы экстракционных и ионообменных процессов в гидрометаллургии: учеб. пособие для вузов / Г. М. Вольдман. М.: «Металлургия», 1982. - 376 с.

5. Набойченко С.С. Расчеты гидрометаллургических процессов: учеб. Пособие для вузов / С.С. Набойченко, А.А. Юнь. М.: Изд-во МИС и С, 1995. - 428 с.

6. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов: Учебное пособие для вузов - М.: Интермет Инжиниринг, 2003. -464 с.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Тематика индивидуальных заданий с презентацией

1. Практика подземного (кучного, отвального) выщелачивания меди.
2. Практика бактериального выщелачивания бедных руд и отходов.
3. Комплексное использование сульфидно-магнетитовых руд. Обогащение лежалых хвостов мокрой магнитной сепарации. Дофлотация сульфидов из лежалых хвостов.
4. Пиритсодержащие хвостохранилища как техногенные месторождения.
5. Твердые бытовые отходы – источник вторичных минеральных ресурсов.
6. Извлечение благородных и редких металлов из лежалых отвальных хвостов флотации.
7. Доменные шлаки – эффективное сырьё для производства цемента.
8. Лежалые хвосты обогатительных фабрик как дополнительный источник минерального сырья.
9. Использование отходов цветной металлургии для производства шлакового вяжущего и бетонов на его основе.
10. Комплексное использование топливных зол и шлаков.
11. Использование отходов обогащения марганцевых руд.
12. Эффективный метод обогащения текущих (лежалых) хвостов обогащения руд цветных (благородных, редких) металлов.
13. Переработка отходов обогатительного и металлургического производств – важнейший резерв увеличения сырьевой базы цветных и благородных металлов.
14. Расширение сырьевой базы добычи золота за счет вовлечения в переработку отвальных и бедных продуктов.
15. Пути повышения извлечения золота из отвалов эфелей россыпных золотосодержащих месторождений.
16. Разработка комбинированной технологии извлечения ценных компонентов из отвальных кеков автоклавного выщелачивания.
17. Переработка доменных шлаков на дробильно-сортировочном комплексе.
18. Переработка шлаков медеплавильного производства флотационным методом.
19. Состав и компоновка типовых транспортно-технологических комплексов обогащения минерального сырья и переработки отходов.
20. Основные направления развития сортировочных агрегатов и дробильных машин отечественных и зарубежных производителей.

Тестовые задания

ВАРИАНТ 1

ТЕСТ 1

1. Вставьте пропущенное слово.
- минеральная масса, не попадающая в целевой продукт из-за технологических нарушений в процессе его получения.
2. Закончите определение.
Техногенные минеральные ресурсы – это
3. По производственным циклам, в которых они образовались, все отходы подразделяются на:
 - 1) 3)
 - 2) 4)

4. Вставьте недостающие типы техногенных месторождений:
- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1) специальные склады | 5) кекохранилища |
| 2) | 6) |
| 3) | 7) |
| 4) | 8) техногенные россыпи |

ТЕСТ 2

1. Выберите правильный ответ.
Внешние отвалы и хвостохранилища
а) размещаются в естественных понижениях местности без предварительной подготовки основания;
б) размещаются на непригодных и неудобных для сельскохозяйственного использования землях с принятием особых мер по подготовке основания отвала;
в) размещаются частично в выработанном пространстве карьера, а частично – за пределами карьера.
2. Вставьте пропущенное слово.
При перемещении под рабочий откос породной массы она под действием инерционных и гравитационных сил заметно _____, в результате чего наиболее крупные и тяжелые куски (глыбы) скатываются до основания яруса, а более мелкие и легкие останавливаются на поверхности откоса выше.
3. Перечислите основные виды сухих отвалов по виду техники, применяемой для перемещения пород в отвалы:
- | | |
|----|----|
| а) | г) |
| б) | д) |
| в) | е) |
4. Выберите правильный ответ.
Конвейерные отвалы формируются
а) путем заполнения пульпой некоторой емкости – естественной или искусственной;
б) путем отсыпки очередного конуса на установленном расстоянии от предыдущего;
в) путем перемещения под рабочий откос породной массы, сгруженной на рабочей площадке или в приемном бункере.
5. Закончите определение.
Гидравлическая дифференциация взвеси – это...
6. Перечислите основные элементы хвостохранилища:
- | | |
|----|-----|
| 1) | 6) |
| 2) | 7) |
| 3) | 8) |
| 4) | 9) |
| 5) | 10) |
7. Вставьте пропущенные слова
Наиболее распространенными типами гидроотвалов являются _____, _____, _____.

ТЕСТ 3

1. Укажите основные направления утилизации отходов горного производства:
- | | |
|----|--|
| 1) | |
| 2) | |
| 3) | |
| 4) | |
2. При производстве вскрышных работ на карьерах добываются следующие виды рыхлых и скальных горных пород:
- | | |
|----|----|
| а) | г) |
|----|----|

- | | |
|----|----|
| б) | д) |
| в) | е) |
3. При обогащении руд черных металлов образуются следующие виды отходов:

1)	2)
3)	4)
 4. Из отходов горного и обогатительного производства можно получать следующие виды строительных материалов:

1)	4)
2)	5)
3)	6)

ТЕСТ 4

1. Вставьте пропущенное слово.
 выщелачиванию подвергаются медные руды, характеризующиеся преобладанием окисленных минералов с массовой долей меди более 0,4%.
2. При отвальном выщелачивании основная масса кусков имеет размер:

1) 1200-1500 мм	3) 150 мм
2) 600 мм	4) 30 мм
3. Перечислите основные этапы технологии кучного выщелачивания золота:
 - 1)
 - 2)
 - 3)
 - 4)
 - 5)
4. Вставьте пропущенные слова.
 Наиболее дешевыми способами орошения отвалов при выщелачивании являются, но они имеют существенный недостаток –
5. Концентрация меди в продуктивном растворе после выщелачивания обычно достигает значений:

1) 100-500 мг/л	3) 10-20 г/л
2) 0,75-3,5 г/л	4) 20-50 г/л
6. Продолжительность отвального выщелачивания составляет:

1) 2-3 недели	3) 2-5 лет
2) 1-2 месяца	4) 5-10 лет
7. Кучное выщелачивание меди отличается от отвального выщелачивания следующими основными признаками:
 - 1)
 - 2)
 - 3)

ТЕСТ 5

1. Закончите определение.
 Шлаки – это...
2. Укажите основные виды продукции их сталеплавильных шлаков:

1)	4)
2)	5)
3)	6)
3. Вставьте пропущенные слова.
 ... – это алюмосиликатный расплав, получаемый при выплавке чугуна и превращаемый в мелкозернистое состояние путем его быстрого охлаждения водой, паром, воздухом или иным газом.
4. Закончите предложение.

Металл, извлекаемый из шлаков черной металлургии, направляется в ,

5. Выберите, какие компоненты не входят в состав шихты для производства шлакоситаллов:

- | | |
|---------------------|------------------------|
| а) флюсы; | г) доменные шлаки; |
| б) нуклеаторы; | д) кокс; |
| в) кварцевый песок; | е) бентонитовые глины. |

ВАРИАНТ 2

ТЕСТ 1

1. Вставьте пропущенное слово.

...– неиспользуемые остатки сырья, продуктов, полуфабрикатов, образующиеся в результате производства или потребления и не имеющие в данном виде потребительских свойств.

2. Закончите определение.

Техногенное месторождение – это

3. Перечислите основные виды отходов в горно-металлургическом комплексе:

- | | |
|----|----|
| 1) | 4) |
| 2) | 5) |
| 1) | 6) |
4. Влияние техногенных месторождений на окружающую среду происходит по следующим направлениям:
- 1)
 - 2)
 - 3)
 - 4)

ТЕСТ 2

1. Выберите правильный ответ.

Внутренние отвалы и хвостохранилища

- а) размещаются в естественных понижениях местности без предварительной подготовки основания;
- б) размещаются на непригодных и неудобных для сельскохозяйственного использования землях с принятием особых мер по подготовке основания отвала;
- в) размещаются частично в выработанном пространстве карьера, а частично – за пределами карьера;
- г) размещаются в выработанном пространстве функционирующих или отработанных карьеров.

2. Вставьте пропущенные слова.

При сбрасывании пульпы в хвостохранилища под действием гравитационных сил происходит, в результате чего непосредственно около труб оседает наиболее крупный и тяжелый материал, а далее к центру хвостохранилища – более мелкий и легкий материал.

3. Перечислите основные типы хвостохранилищ (гидроотвалов) в зависимости от рельефа местности

- | | |
|----|----|
| 1) | 5) |
| 2) | 6) |
| 3) | 7) |
| 4) | 8) |

4. Выберите правильный ответ.

Формирование сухого отвала осуществляется

- а) по трубопроводам и желобам;
- б) с помощью одноковшовых и многоковшовых экскаваторов;

- в) с помощью железнодорожных думпкаров;
 г) с помощью гидромониторов
5. Вставьте пропущенные слова.
 ... — это смена минерального состава полезных ископаемых в пространстве, приводящая к образованию минеральных зон с преобладанием тех или иных компонентов.
6. Перечислите основные элементы гидроотвала:
 1) 6)
 2) 7)
 3) 8)
 4) 9)
 5) 10)
7. Вставьте пропущенные слова
 Наиболее сложными и дорогостоящими типами гидроотвалов являются ,
 .

ТЕСТ 3

1. Укажите основные направления утилизации отходов обогатительного производства:
 1)
 2)
 3)
 4)
2. Укажите, какие ценные компоненты и минералы содержатся в хвостах обогащения руд цветных металлов:
 1) 3)
 2) 4)
3. Для производства строительных материалов могут использоваться следующие виды техногенного сырья (отходов):
 1) 3)
 2) 4)
4. Ценные компоненты из хвостов обогащения руд цветных металлов доизвлекаются следующими методами:
 1) 3)
 2) 4)

ТЕСТ 4

1. Вставьте пропущенное слово.
 выщелачивание применяется для извлечения меди из вскрышных пород, некондиционных руд, представленных как окисленными, так и сульфидными минералами, с массовой долей меди 0,1-0,4%.
2. Высота штабеля при кучном выщелачивании обычно составляет:
 1) 3-4 м 3) 20-40 м
 2) 7-10 м 4) более 40 м
3. Складирование материала в кучу осуществляется следующими способами:
 1) 3)
 2) 4)
4. Вставьте пропущенные слова.
 Наиболее распространенным способом орошения кучи при выщелачивании является ... , но он имеет существенный недостаток —
5. Типы гидроизоляционных покрытий при кучном выщелачивании:
 1)
 2)

3)

6. Продолжительность кучного выщелачивания составляет:

- | | |
|---------------|----------------|
| 1) 1-2 недели | 3) 3-6 месяцев |
| 2) 1-2 месяца | 4) 2-5 лет |

7. Преимущества получения меди выщелачиванием по сравнению с традиционным способом (добыча-обогащение-плавка) (перечислить):

ТЕСТ 5

1. Закончите предложение.

Преобладающими оксидами в доменных шлаках являются – _____ , _____ , _____ .

2. Укажите основные виды продукции их доменных шлаков:

- | | |
|----------|----------|
| 1) _____ | 5) _____ |
| 2) _____ | 6) _____ |
| 3) _____ | 7) _____ |
| 4) _____ | 8) _____ |

3. Вставьте пропущенные слова.

... – это искусственный пористый материал, получаемый поризацией расплава шлака воздухом, водой или их смесью, что приводит к его вспучиванию, с последующим медленным охлаждением вспученного шлака в траншеях.

4. Закончите предложение.

Немагнитная фракция переработки шлаков черной металлургии используется в _____ (перечислить): _____ .

5. Выберите, какие продукты не относятся к продуктам, получаемым при переработке ферросплавных шлаков:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------|
| 1) гранулированный шлак; | 5) силикомарганец; |
| 2) пемза; | 6) аглопорит; |
| 3) мука для сельского хозяйства; | 7) ферросилиций; |
| 4) щебень и песок для строительства; | 8) керамдор. |

Контрольные вопросы к зачету с оценкой

1. Перечислите основные виды природного и техногенного минерального сырья.
2. Каковы требования промышленности к качеству минерального сырья в соответствии с ГОСТами и ТУ.
3. Укажите принципы создания безотходной технологии переработки минерального сырья.
4. Перечислите правила рациональной комплексной переработки минерального сырья.
5. Укажите основные требования к технологическим процессам переработки природного и техногенного минерального сырья.
6. Каковы основные технологические требования к предприятиям, организациям, перерабатывающим минеральное сырье.
7. Как производится определение, учет и нормирование потерь полезных компонентов?
8. Проанализируйте, за счет чего возникают потери ценных компонентов в горно-металлургическом комплексе?
9. Как осуществляется государственный контроль за переработкой минерального сырья?
10. Чем определяются потери полезных ископаемых при их добыче и обогащении?
11. Что понимается под малоотходной и безотходной технологиями переработки минерального сырья?
12. Что такое комплексное использование сырья?
13. Перечислите предпосылки комплексного использования природного и техногенного.
14. Приведите примеры комплексного использования сырья на горно-обогатительных предприятиях.

15. Перечислите виды техногенного сырья в горно-металлургическом комплексе.
16. Какие ценные компоненты содержатся в отходах обогащения руд черных и цветных металлов?
17. Укажите перспективные схемы переработки труднообогатимых руд и отходов обогащения руд цветных металлов.
18. В чем сущность гидрометаллургического и биотехнологического методов добычи и переработки руд?
19. Приведите примеры использования геотехнологических и гидрометаллургических процессов при добыче и переработке природного и техногенного сырья.
20. Перечислите основные направления использования техногенного сырья при добыче и переработке руд черных и цветных металлов.
21. Укажите особенности технологических схем доизвлечения ценных компонентов из хвостов обогащения руд цветных металлов.
22. Из чего складывается экономический эффект использования природного минерального сырья?
23. Из чего складывается экономический эффект использования техногенного сырья?
24. Приведите примеры использования техногенного сырья для производства строительных материалов.
25. Приведите технологические схемы доизвлечения ценных компонентов из отходов обогащения железных руд.
26. Укажите, какие ценные компоненты и минералы содержатся в хвостах обогащения руд цветных металлов и с использованием каких методов обогащения они могут быть извлечены.
27. Перечислите наиболее распространенные технологические процессы и устройства для переработки минерального природного и техногенного сырья.
28. Укажите структуру мобильных технологических комплексов для переработки природного и техногенного сырья.
29. В чем заключается современная стратегия переработки минерального и сырья.
30. Охарактеризуйте состояние, перспективы и проблемы переработки техногенного минерального сырья.