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)

СПЕЦИАЛЬНЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль/специализация) программы
Обогащение полезных ископаемых

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
Курс	5

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 г. № 987)

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:
зав. кафедрой кафедры ГМДиОПИ, канд. техн. наук

_____И.А. Гришин

Рецензент:
ведущий специалист ООО «Уралхимсервис» , канд. техн. наук

В.Ш. Галямов

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 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 2031 - 2032 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 2032 - 2033 учебном году на заседании кафедры Геологии, маркшейдерского дела и обогащения

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

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Специальные и комбинированные методы обогащения» являются: получение студентами знаний в области сепарации полезных ископаемых с использованием процессов гидрометаллургии и на основании физических и физико-химических свойств минералов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Специальные и комбинированные методы обогащения входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физические методы изучения полезных ископаемых

Физическая химия

Химия

Физика

Геология

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Технология обогащения полезных ископаемых

Контроль технологических процессов обогащения

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная - преддипломная практика

Исследование руд на обогатимость

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Специальные и комбинированные методы обогащения» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3 Способен осуществлять техническое руководство работами по обогащению полезных ископаемых и подготовке сырья к обогащению, выбирать технологию обогащения и рассчитывать необходимые технологические параметры	
ПК-3.1	Определяет организационные и технические меры по выполнению производственных заданий в отделениях вспомогательных, подготовительных и основных операций по переработке сырья
ПК-3.2	Контролирует ведение процесса переработки сырья, организует безопасную работу персонала обогатительных фабрик и дробильно-сортировочных установок
ПК-3.3	Оптимизирует режимы работы оборудования, используя теоретические основы методов обогащения полезных ископаемых

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

– контактная работа – 17,2 акад. часов:
– аудиторная – 14 акад. часов;
– внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
– самостоятельная работа – 118,1 акад. часов;
– в форме практической подготовки – 0 акад. час;
– подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Специальные методы обогащения								
1.1 Обогащение по трению и форме.	5	1			8,8	Подготовка к лабораторно-практическому занятию, самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.2 Обогащение по упругости.		1			15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.3 Обогащение на жировых поверхностях.			1		20,7	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.4 Избирательное дробление, измельчение и декрипитация			1		20	Подготовка к лабораторно-практическому занятию, самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
1.5 Радиометрические методы обогащения		2	3		10	Подготовка к лабораторно-практическому занятию, самостоятельное изучение	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

						учебной и научной литературы		
Итого по разделу		4	5		74,5			
2. Гидрометаллургические процессы								
2.1 Подготовка руды, обжиг	5	1			10	Подготовка к лабораторно-практическому занятию, самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
2.2 Перевод компонентов в раствор		1	3		17	Подготовка к лабораторно-практическому занятию, самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
2.3 Извлечение компонентов, очистка растворов					16,6	Подготовка к лабораторно-практическому занятию, самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
Итого по разделу		2	3		43,6			
Итого за семестр		6	8		118,1		экзамен	
Итого по дисциплине		6	8		118,1		экзамен	

5 Образовательные технологии

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Специальные и комбинированные методы обогащения» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекции-информации, лекций-конференций, лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал, изложенный и объясненный студентам на лекции-информации, подлежит самостоятельному осмыслению и запоминанию. Совокупность докладов по предварительно подготовленной проблематике, сделанных на лекции-конференции, обеспечивает всестороннее освещение проблемы за счет дополнения и уточнения преподавателем, а также подведением итогов в конце лекции с формулированием основных выводов. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях–консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении лабораторных занятий используются работа в команде.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки отчетов по лабораторным работам, при подготовке к итоговой аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Васючков, Ю.Ф. Биотехнология горных работ: учебник / Ю.Ф. Васючков. — Москва : Горная книга, 2011. — 351 с. — ISBN 978-5-98672-269-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/66463 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Самойлик В. Г.. Специальные и комбинированные методы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие. 2015. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://bib.social/resursov-prirodnyih-obogaschenie/spetsialnyie-kombinirovannyie-metodyi.html

3. Федотов, К.В. Проектирование обогатительных фабрик [Электронный ресурс] : учебник / К.В. Федотов, Н.И. Никольская. — Электрон. дан. — Москва: Горная книга, 2014. — 536 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72717 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Справочник по обогащению руд. 2-е издание, т.2, (под ред. Богданова О.С.). М.: Недра, 1983

2. Полькин С.И., Адамов Э.В., Панин В.В. Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов. - М.: Недра, 1983.-192 с.

3. Абрамов, А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. В 2 кн. Т.3. Рудоподготовка и Cu, Cu-Py, Cu-Fe, Mo, Cu-Mo,Cu-Zn руды [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Абрамов. — Электрон. дан. — Москва: Горная книга, 2005. — 575 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/3267 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов[Электронный ресурс] / Н.Ф. Пантелеева, А.М. Думов. — Электрон. дан. — М.: Интермет Инжиниринг, 2003. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book /

в) Методические указания:

И.А. Гришин Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу “Магнитные, электрические и специальные методы обогащения”, изд-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2016 г.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

https://e.lanbook.com/book/66463 . Васючков, Ю.Ф. Биотехнология горных работ : учебник / Ю.Ф. Васючков. — Москва : Горная книга, 2011. — 351 с. — ISBN 978-5-98672-269-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/66463 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

http://bib.social/resursov-prirodnyih-obogaschenie/spetsialnyie-kombinirovannyie-metodyi.html Самойлик В. Г.. Специальные и комбинированные методы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие. 2015. . [Электронный ресурс]. . — Режим доступа: http://bib.social/resursov-prirodnyih-obogaschenie/spetsialnyie-kombinirovannyie-metodyi.html

https://e.lanbook.com/book/72717 Федотов, К.В. Проектирование обогатительных фабрик [Электронный ресурс] : учебник / К.В. Федотов, Н.И. Никольская. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2014. — 536 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72717 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

https://e.lanbook.com/book/3267 Абрамов, А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. В 2 кн. Т.3. Рудоподготовка и Cu, Cu-Py, Cu-Fe, Mo, Cu-Mo,Cu-Zn руды [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Абрамов. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2005. — 575 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/3267 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

http://e.lanbook.com/book / Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов

[Электронный ресурс] / Н.Ф. Пантелеева, А.М. Думов. — Электрон. дан. — М. : Интермет Инжиниринг, 2003. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book /

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
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО	https://dlib.eastview.com/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

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

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Дробилки, мельницы. Установки для сорбции и цементации, установка для обогащения по трению

Приложение 1

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Специальные и комбинированные методы обогащения» предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала; оформления отчетов по лабораторным работам.

Перечень лабораторных работ:

1. Изучение разделения различных материалов по трению;
2. Изучение разделения различных минералов по упругости;
3. Изучение процесса выщелачивания техногенного сырья;
4. Изучение процесса цементации меди на железном скрапе;
5. Изучение процесса сорбции на ионообменных смолах;
6. Изучение процесса обжига известняка;

Вопросы для проведения текущего контроля.

Тема 1.1. Обогащение по трению и форме

1. Теоретические основы метода.
2. Оборудование для обогащения по трению и форме.
3. Факторы, влияющие на эффективность метода.
4. Практика обогащения по форме и трению.

Тема 1.2. Обогащение по упругости

1. Теоретические основы метода.
2. Оборудование для обогащения по упругости.
3. Факторы, влияющие на эффективность метода.
4. Практика обогащения по упругости.

Тема 1.3. Обогащение на жировых поверхностях

1. Теоретические основы метода.
2. Оборудование для обогащения на жировых поверхностях.
3. Факторы, влияющие на эффективность метода.
4. Практика обогащения алмазосодержащего сырья.

Тема 1.4. Избирательное дробление, измельчение и декрипитация

1. Теоретические основы метода.
2. Оборудование для избирательного дробления и измельчения.
3. Декрипитация, способы осуществления.
4. Практика обогащения с использованием данных методов.

Тема 1.5. Радиометрические методы обогащения

1. Сортировка, виды сортировки.
2. Эмиссионные методы.
3. Абсорбционные методы.
4. Контрастность и другие факторы, влияющие на эффективность методов.
5. Оборудование для сортировки.
6. Практика применения радиометрической сортировки.

Тема 2.1. Подготовка руды, обжиг

1. Обжиг, виды обжига.
2. Основные параметры процесса обжига.
3. Оборудование для обжига.
4. Подготовка руды к выщелачиванию.

Тема 2.2. Перевод компонентов в раствор

1. Теоретические основы процесса растворения.
2. Растворители для выщелачивания.
3. Классификация процессов растворения.
4. Применяемое оборудование.
5. Регулирование процесса растворения.
6. Бактериальная интенсификация выщелачивания.

Тема 2.3. Извлечение компонентов, очистка растворов

1. Очистка растворов от механических примесей.
2. Способы извлечения компонентов из продуктивных растворов.
3. Регенерация растворителей.
4. Требования к конечным продуктам.
5. Интенсификация процесса извлечения.

Приложение 2

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ПК-3 Способен осуществлять техническое руководство работами по обогащению полезных ископаемых и подготовке сырья к обогащению, выбирать технологию обогащения и рассчитывать необходимые технологические параметры		
ПК-3.1	Определяет организационные и технические меры по выполнению производственных заданий в отделениях вспомогательных, подготовительных и основных операций по переработке сырья	***Перечень теоретических вопросов к экзамену:*** *1. Теоретические основы обогащения по форме и трению.* *2. Оборудование для обогащения по трению и форме.* *3. Факторы, влияющие на эффективность обогащения по трению.* *4. Практика обогащения по форме и трению.* *5. Теоретические основы обогащения по упругости.* *6. Оборудование для обогащения по упругости.* *7. Факторы, влияющие на эффективность обогащения по упругости.* *8. Практика обогащения по упругости.* *9. Теоретические основы обогащения на жировых поверхностях.* *10. Оборудование для обогащения на жировых поверхностях.* *11. Факторы, влияющие на эффективность обогащения на жировых поверхностях.* *12. Практика обогащения алмазосодержащего сырья.* *13. Теоретические основы избирательного дробления и измельчения.* *14. Оборудование для избирательного дробления и измельчения.* *15. Декрипитация, способы осуществления.* *16. Практика обогащения с использованием избирательного разрушения.* *17. Сортировка, виды сортировки.* *18. Эмиссионные методы.* *19. Абсорбционные методы.* *20. Контрастность и другие факторы, влияющие на эффективность методов.* *21. Оборудование для сортировки.* *22. Практика применения радиометрической сортировки.*

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		23. *Обжиг, виды обжига.* 24. *Основные параметры процесса обжига.* 25. *Оборудование для обжига.* 26. *Подготовка руды к выщелачиванию.* 27. *Теоретические основы процесса растворения.* 28. *Растворители для выщелачивания.* 29. *Классификация процессов растворения.* 30. *Применяемое оборудование для выщелачивания.* 31. *Регулирование процесса растворения.* 32. *Бактериальная интенсификация выщелачивания.* 33. *Очистка растворов от механических примесей.* 34. *Способы извлечения компонентов из продуктивных растворов.* 35. *Регенерация растворителей.* 36. *Место гидрометаллургических процессов в технологических схемах обогащения.* 37. *Практика переработки сырья цветных, благородных и редкоземельных металлов гидрометаллургическим методом*
ПК-3.2	Контролирует ведение процесса переработки сырья, организует безопасную работу персонала обогатительных фабрик и дробильно-сортировочных установок	***Примерные практические задания для экзамена:*** 1. *Расчет сепараторов для обогащения по упругости и трению;* 2. *Компоновка сепараторов в отделении обогащения;* 3. *Обработка результатов эксперимента;* 4. *Расчет сепараторов для обогащения на жировых поверхностях;* 5. *Расчет оборудования для избирательного дробления;* 6. *Расчет технологических схем;* 7. *Расчет сепараторов для радиометрических методов обогащения;* 8. *Расчет оборудования для обжига;* 9. *Составление комбинированной схемы обогащения;* 10. *Расчет оборудования для выщелачивания;* 11. *Расчет оборудования для окомкования;* 12. *Расчет технологического баланса продуктов растворения;*

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ПК-3.3	Оптимизирует режимы работы оборудования, используя теоретические основы методов обогащения полезных ископаемых	***Вопросы для подготовки к экзамену:*** 1. *Методика расчета качественно-количественных схем;* 2. *Методика расчета водно-шламовых схем;* 3. *Методика расчета основного оборудования для специальных методов обогащения*.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Специальные и комбинированные методы обогащения» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.