

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 25.04.2023 15:11:57

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d061f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Биотехнология металлов

Закреплена за подразделением Кафедра обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Технология минерального сырья

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

84

часов на контроль

45

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	84	84	84	84
Часы на контроль	45	45	45	45
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*ктн, Зав. кафедрой ОПИ, Юшина Т.И.*

Рабочая программа

**Биотехнология металлов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Metallургия, 22.04.02-ММТ-22-1.plx Технология минерального сырья, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallургия, Технология минерального сырья, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья**

Протокол от 30.06.2022 г., №10

Руководитель подразделения Юшина Т.И.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Целью дисциплины является формирование у студентов профессиональных теоретических и прикладных знаний и умений в области комплексной переработки и обогащения полезных ископаемых для решения научно-практических задач современного горно-обогатительного производства в процессе изучения: теоретических основ химического и бактериального выщелачивания, совокупности методов и процессов биогидрометаллургической переработки труднообогатимого рудного сырья природного и техногенного происхождения с целью максимально возможного извлечения из него ценных компонентов в товарные продукты с высокими качественными характеристиками.
-----	--

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.05
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Научно-исследовательская практика	
2.1.2	Современные методы металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.1.3	Физические и физико-химические основы флотации	
2.1.4	Физические основы магнитных и электрических методов обогащения	
2.1.5	Исследование руд на обогатимость	
2.1.6	Основы обогащения руд цветных металлов	
2.1.7	Рудоподготовка	
2.1.8	Теория разделения минеральных комплексов	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Научно-исследовательская практика	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Управление минеральными ресурсами	

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-4-31 закономерности межфазовых переходов и превращений в результате действия реагентов и микроорганизмов.	
<b>ПК-1: Способен организовывать и проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области технологии минерального сырья, проводить работы по обработке и анализу результатов исследований.</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31 систематику свойства применяемых микроорганизмов и их роль в процессах биохимических превращений минеральный субстратов.	
<b>УК-3: Способен использовать различные методы ясного и недвусмысленного формулирования своих выводов, знаний и обоснований для специализированной и неспециализированной аудиторий в национальном и международном контекстах, организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</b>	
<b>Знать:</b>	
УК-3-32 цели и задачи, решаемые при переработке труднообогатимого сырья с использованием гидрометаллургии и бактериального окисления и выщелачивания.	
УК-3-31 методы и процессы биогидрометаллургии, свойства и характеристики применяемых реагентов.	
<b>ПК-1: Способен организовывать и проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области технологии минерального сырья, проводить работы по обработке и анализу результатов исследований.</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-1-У1 управлять факторами, влияющими на эффективность биогидрометаллургических процессов и технологий.	
<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-4-У1 осуществлять процессы адаптации бактерий к условиям выщелачивания и вещественному составу исходных	

продуктов.
<b>УК-3: Способен использовать различные методы ясного и недвусмысленного формулирования своих выводов, знаний и обоснований для специализированной и неспециализированной аудиторий в национальном и международном контекстах, организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</b>
<b>Уметь:</b>
УК-3-У1 классифицировать применяемые микроорганизмы по роду их жизнедеятельности
<b>ПК-1: Способен организовывать и проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области технологии минерального сырья, проводить работы по обработке и анализу результатов исследований.</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 владеть навыками разработки основных параметров и режимов процесса, выбора и расчета основного оборудования. Осуществлять технологии с использованием химического выщелачивания и микроорганизмов.
<b>УК-3: Способен использовать различные методы ясного и недвусмысленного формулирования своих выводов, знаний и обоснований для специализированной и неспециализированной аудиторий в национальном и международном контекстах, организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</b>
<b>Владеть:</b>
УК-3-В1 владеть методами кучного, подземного, чанового, автоклавного и др. видов выщелачивания.
УК-3-В2 определять активность биомассы, количество микроорганизмов
<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-4-В1 анализировать полученные данные.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Теоретические основы комбинированных и биохимических процессов.							

1.1	Теоретические основы фазовых переходов полезного ископаемого или его компонентов. Бактериальная интенсификация процессов твердой фазы в раствор. Перевод ценного компонента в форму, удобную для дальнейшего использования. Применяемые реагенты. Классификация и характеристика микроорганизмов, применяемых при извлечении металлов. Биохимические основы взаимодействия бактериальных клеток и продуктов их жизнедеятельности с сульфидными субстратами. Кинетика бактериального окисления и выщелачивания. Химизм и механизм процессов бактериального окисления и выщелачивания. Пассивация поверхности минерального сырья при выщелачивании. Высокотемпературный обжиг. Сегрегационные процессы. /Лек/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31 УК-3-31 УК-3-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.		
1.2	Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к контрольным работам. Выполнение реферата. Подготовка и выполнение тестовых заданий. /Ср/	3	27	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31 УК-3-31 УК-3-32 УК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.		Р1
1.3	Расчет фазовых переходов ценных компонентов полезных ископаемых. Термодинамическая оценка процессов выщелачивания, сопровождающихся химическим взаимодействием. Влияние температуры на скорость процесса выщелачивания. /Пр/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.		Р1

1.4	Химизм и механизм процессов биоокисления, биовыщелачивания и химического выщелачивания. Исследование зависимости скорости процесса выщелачивания от концентрации реагента . процесса цементации. /Пр/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 УК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.		
1.5	Методы оценки процессов бактериального выщелачивания металлов /Лаб/	3	5	ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.		
	<b>Раздел 2. Процессы и технологии комбинированной биохимической переработки минерального сырья.</b>							
2.1	Технология перколяционного, чанового выщелачивания. Технология автоклавного выщелачивания. Основные циклы и операции, параметры и режимы выщелачивания, аппаратное оформление процесса. Применение микробиологических процессов в технологии переработки труднообогатимого сырья, сточных вод и серосодержащих газов. Методы выделения и количественного учета микроорганизмов. Методы контроля и регулирования основных параметров процесса бактериального окисления и выщелачивания. Переработка труднообогатимых продуктов пирометаллургией. /Лек/	3	7	ОПК-4-У1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.		

2.2	Определение параметров и режимов чанового выщелачивания окисленных руд. Определение параметров и режимов автоклавного выщелачивания упорных руд и концентратов. /Пр/	3	3	ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.	КМ1	Р1
2.3	Определение параметров и режимов перколяционного выщелачивания меди. /Пр/	3	3	ОПК-4-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.	КМ1	Р1
2.4	Чановое бактериальное выщелачивание сульфидных концентратов /Лаб/	3	6	ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 УК-3-31 УК-3-32 УК-3-У1 УК-3-В1 УК-3-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.		
2.5	Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к контрольным работам. Выполнение реферата. Подготовка и выполнение тестовых заданий. /Ср/	3	27	ОПК-4-У1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 УК-3-31 УК-3-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.	КМ1,КМ3	Р1
	<b>Раздел 3. Геотехнологические методы добычи и переработки полезных ископаемых.</b>							
3.1	Геотехнологические методы добычи и переработки полезных ископаемых. Технологии подземного выщелачивания меди, урана, никеля. /Лек/	3	4	ОПК-4-31 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 УК-3-31 УК-3-32 УК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.		

3.2	Основные факторы и параметры биохимических геотехнологий. /Пр/	3	3	ОПК-4-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.	КМ2	Р1
3.3	Моделирование процессов подземного и кучного выщелачивания, выщелачивания в отвалах. /Лаб/	3	6	ОПК-4-31 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 УК-3-У1 УК-3-В1 УК-3-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.		
3.4	Проработка лекционного материала. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к контрольным работам. Выполнение реферата. Подготовка и выполнение тестовых заданий. /Ср/	3	30	ОПК-4-31 ОПК-4-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6Л3.1 Л3.2 Л3.3	Биогеотехнология металлов. Практическое руководство. / Центр международных проектов ГКНТ., М. - 1989. 375 с.	КМ2,КМ3	Р1

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Контрольная работа 1	УК-3-31;УК-3-32;УК-3-У1;УК-3-В2;ОПК-4-31;ПК-1-31;ПК-1-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комбинированные процессы при селекции и доводке концентратов.</li> <li>2. Сравнительные технико-экономические показатели комбинированных процессов.</li> <li>3. Микроорганизмы и их роль в биотехнологии материалов.</li> <li>4. Микроорганизмы и сферы их применения.</li> <li>5. Роль бактерий в окислении <math>Fe^{2+}</math>, S0 и сульфидных минералов.</li> <li>6. Механизм бактериального окисления <math>Fe^{2+}</math>, S0 и сульфидных минералов.</li> <li>7. Характеристика бактерий, окисляющих <math>Fe^{2+}</math>, S0 и сульфидные минералы.</li> <li>8. Микроорганизмы, восстанавливающие сульфаты и другие соединения серы.</li> <li>9. Микроорганизмы, восстанавливающие и окисляющие другие, чем сера и железо, элементы.</li> <li>10. Микроорганизмы, растворяющие, аккумулирующие и осаждающие золото.</li> <li>11. Микроорганизмы, участвующие в деструкции силикатов.</li> <li>12. Микроорганизмы, аккумулирующие металлы из растворов.</li> <li>13. Методы выделения, учета и изучения микроорганизмов.</li> <li>14. Выделение микроорганизмов.</li> <li>15. Рецептуры питательных сред.</li> <li>16. Методы количественного учета.</li> <li>17. Методы определения активности бактерий.</li> <li>18. Методы получения высокоактивных штаммов бактерий.</li> <li>19. Метода оценки бактериального выщелачивания металлов.</li> <li>20. Методы изучения состава руд и металлов.</li> <li>21. Получение биомассы.</li> <li>22. Исследование и оптимизация биотехнологических процессов методом математического моделирования.</li> <li>23. Методы оценки экономики процессов бактериального-химического выщелачивания.</li> <li>24. Чановое бактериальное выщелачивания сульфидных концентратов.</li> <li>25. Подготовка культуры бактерий в технологии чанового бактериального выщелачивания в различных режимах культивирования бактерий.</li> <li>26. Технологические схемы переработки сульфидных концентратов.</li> <li>27. Полупромышленные испытания технологии чанового бактериального выщелачивания.</li> <li>28. Подготовка продуктов бактериального выщелачивания к проведению химического анализа. Расчет баланса металлов.</li> <li>29. Эффективность бактериального выщелачивания.</li> <li>30. Бактериальное выщелачивание дробленной рудной породы.</li> <li>31. Бактериальное выщелачивание выработанных рудных залежей на месте залегания.</li> <li>32. Выщелачивание в отвалах.</li> <li>33. Кучное выщелачивание.</li> <li>34. Роль микроорганизмов в выщелачивании несulfидных минералов.</li> <li>35. Микробиологическое растворение самородного золота.</li> <li>36. Биоаккумуляция и осаждение металлов микроорганизмами.</li> <li>37. Очистка промышленных сточных вод от металлов.</li> <li>38. Биосорбция металлов.</li> <li>39. Химизм, термодинамика и кинетика процессов выщелачивания.</li> <li>40. Закономерности осаждения труднорастворимых соединений и кристаллизации солей.</li> <li>41. Процесс гидролитического осаждения металлов из растворов.</li> </ol>
-----	----------------------	--	---

КМ2	Контрольная работа 2	УК-3-У1;УК-3-32;ОПК-4-У1;ПК-1-31;ПК-1-У1	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Биотехнологии при селекции и доводке концентратов.</li><li>2. Факторы и параметры биохимических геотехнологий</li><li>3. Выщелачивание на месте залегания и окружающая среда.</li><li>4. Выщелачивание не разрабатывавшихся рудных тел в естественном залегании.</li><li>5. Предварительные испытания. Выщелачивание на месте залегания.</li><li>6. Подземное и кучное выщелачивание. Выщелачивание в отвалах.</li><li>7. Примеры организации процессов подземного и кучного бактериального выщелачивания.</li><li>8. Технико-экономическое обоснование бактериального выщелачивания меди на месте залегания.</li></ol>
-----	----------------------	--	--

КМЗ	Экзамен	УК-3-31;УК-3-32;УК-3-У1;УК-3-В1;УК-3-В2;ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комбинированные процессы при селекции и доводке концентратов.</li> <li>2. Сравнительные технико-экономические показатели комбинированных процессов.</li> <li>3. Микроорганизмы и их роль в биотехнологии материалов.</li> <li>4. Микроорганизмы и сферы их применения.</li> <li>5. Роль бактерий в окислении <math>Fe^{2+}</math>, <math>S_0</math> и сульфидных минералов.</li> <li>6. Механизм бактериального окисления <math>Fe^{2+}</math>, <math>S_0</math> и сульфидных минералов.</li> <li>7. Характеристика бактерий, окисляющих <math>Fe^{2+}</math>, <math>S_0</math> и сульфидные минералы.</li> <li>8. Микроорганизмы, восстанавливающие сульфаты и другие соединения серы.</li> <li>9. Микроорганизмы, восстанавливающие и окисляющие другие, чем сера и железо, элементы.</li> <li>10. Микроорганизмы, растворяющие, аккумулирующие и осаждающие золото.</li> <li>11. Микроорганизмы, участвующие в деструкции силикатов.</li> <li>12. Микроорганизмы, аккумулирующие металлы из растворов.</li> <li>13. Методы выделения, учета и изучения микроорганизмов.</li> <li>14. Выделение микроорганизмов.</li> <li>15. Рецептуры питательных сред.</li> <li>16. Методы количественного учета.</li> <li>17. Методы определения активности бактерий.</li> <li>18. Методы получения высокоактивных штаммов бактерий.</li> <li>19. Метода оценки бактериального выщелачивания металлов.</li> <li>20. Методы выщелачивания.</li> <li>21. Методы изучения состава руд и металлов.</li> <li>22. Получение биомассы.</li> <li>23. Методы статической обработки результатов.</li> <li>24. Исследование и оптимизация биотехнологических процессов методом математического моделирования.</li> <li>25. Методы оценки экономики процессов бактериального-химического выщелачивания.</li> <li>26. Чановое бактериальное выщелачивания сульфидных концентратов.</li> <li>27. Подготовка культуры бактерий технологии чанового бактериального выщелачивания в различных режимах культивирования бактерий.</li> <li>28. Технологические схемы переработки сульфидных концентратов.</li> <li>29. Полупромышленные испытания технологии чанового бактериального выщелачивания.</li> <li>30. Подготовка продуктов бактериального выщелачивания к проведению химического анализа. Расчет баланса металлов.</li> <li>31. Подземное и кучное выщелачивание. Выщелачивание в отвалах.</li> <li>32. Эффективность бактериального выщелачивания.</li> <li>33. Бактериальное выщелачивание дробленной рудной породы.</li> <li>34. Предварительные испытания. Выщелачивание на месте залегания.</li> <li>35. Бактериальное выщелачивание выработанных рудных залежей на месте залегания.</li> <li>36. Выщелачивание не разрабатывавшихся рудных тел в естественном залегании.</li> <li>37. Выщелачивание в отвалах.</li> <li>38. Кучное выщелачивание.</li> <li>39. Примеры организации процессов подземного и кучного бактериального выщелачивания.</li> <li>40. Технико-экономическое обоснование бактериального выщелачивания меди на месте залегания.</li> <li>41. Роль микроорганизмов в выщелачивании несulfидных минералов.</li> <li>42. Выщелачивание и обогащение марганцевых руд.</li> </ol>
-----	---------	--	---

			<p>43. Микробиологическое выщелачивание алюминия.</p> <p>44. Микробиологический способ обезжелезнения минерального сырья.</p> <p>45. Микробиологическое растворение самородного золота.</p> <p>46. Биоаккумуляция и осаждение металлов микроорганизмами .</p> <p>47. Очистка промышленных сточных вод от металлов.</p> <p>48. Биосорбция металлов.</p> <p>49. Химизм, термодинамика и кинетика процессов выщелачивания.</p> <p>50. Основы теории процессов ионного обмена и экстракции.</p> <p>51. Закономерности осаждения труднорастворимых соединений и кристаллизации солей.</p> <p>52. Процесс гидrolитического осаждения металлов из растворов.</p> <p>53. Осаждение сульфидов цветных металлов из водных растворов.</p> <p>54. Основы теории процессов ионного обмена и экстракции.</p> <p>55. Биотехнологии при селекции и доводке концентратов.</p> <p>56. Факторы и параметры биохимических геотехнологий</p> <p>57. Выщелачивание на месте залегания и окружающая среда.</p>
--	--	--	---

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Реферат	УК-3-31;УК-3-32;УК-3-У1;ОПК-4-31;ПК-1-31;ПК-1-У1	<p>Написать реферат на тему.</p> <p>Примерные темы рефератов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теоретические основы использования микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности для извлечения металлов из минерального и техногенного сырья, сточных вод и металлургических газов;</li> <li>2. Методы гидрометаллургии и биовыщелачивания для переработки труднообогатимого сырья;</li> <li>3. Методика выделения микроорганизмов из экологических ниш, адаптация бактерий к условиям выщелачивания – рудам и продукта обогащения;</li> <li>4. Методика выбора типов микроорганизмов для их использования в технологии переработки;</li> <li>5. Методы контроля процессов бактериально-химического окисления и выщелачивания;</li> <li>6. Расчеты технологических схем бактериального выщелачивания, расчет кинетики выщелачивания и расчет основного и вспомогательного оборудования;</li> <li>7. Теоретические основы гидрометаллургических процессов;</li> <li>8. Оборудование для реализации гидрометаллургических технологий;</li> <li>9. Обоснование гидро- и биогидрометаллургических способов и технологий переработки труднообогатимых, некондиционных забалансовых руд и техногенного сырья.</li> <li>10. Комбинированные процессы при селекции и доводке концентратов.</li> </ol>

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

По дисциплине предусмотрен экзамен в 3 семестре. Экзамен проводится в устной форме. Комплект экзаменационных билетов находится на кафедре ОПИ.

Дисциплина считается освоенной при выполнении следующих условий:

- текущий лекционный контроль имеет положительные оценки ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично");
- выполнены и защищены все практические работы на практических занятиях;
- выполнены и защищены все лабораторные работы на лабораторных занятиях;
- выполнены все контрольные работы;
- промежуточное и итоговое тестирование выполнено с результатами:
  - от 25 и менее 50 % – «удовлетворительно»;
  - от 50 и менее 75 % – «хорошо»;
  - от 75 до 100 – %«отлично»;
- выполнен и защищен реферат с положительной оценкой ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично");
- экзамен сдан с положительной оценкой ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично").

Оценка за экзамен:

"отлично" - даны полные ответы на все вопросы;

"хорошо" - даны ответы на два вопроса (1 - теоретический и 1 - практический);

"удовлетворительно" - дан ответ на практический вопрос или два теоретических вопроса;

"неудовлетворительно" - дан ответ на один теоретический вопрос или не даны ответы ни на один вопрос.

Пример экзаменационного билета:

1. Осаждение сульфидов цветных металлов из водных растворов.
2. Микроорганизмы и их роль в биотехнологии материалов.
3. Переработка никельсодержащих пирротиновых продуктов.

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

По дисциплине предусмотрен экзамен в 3 семестре. Экзамен проводится в устной форме. Комплект экзаменационных билетов находится на кафедре ОПИ.

Дисциплина считается освоенной при выполнении следующих условий:

- текущий лекционный контроль имеет положительные оценки ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично");
- выполнены и защищены все практические работы на практических занятиях;
- выполнены и защищены все лабораторные работы на лабораторных занятиях;
- выполнены все контрольные работы;
- промежуточное и итоговое тестирование выполнено с результатами:
  - от 25 и менее 50 % – «удовлетворительно»;
  - от 50 и менее 75 % – «хорошо»;
  - от 75 до 100 – % «отлично»;
- выполнен и защищен реферат с положительной оценкой ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично");
- экзамен сдан с положительной оценкой ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично").

Общие критерии уровней освоения компетенций:

Отсутствие сформированности компетенции: Неспособность обучающегося самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении задач, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения, отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию методов освоения учебной дисциплины и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения поставленной задачи по стандартному образцу свидетельствуют об отсутствии сформированности компетенции. Отсутствие подтверждения наличия сформированности компетенции свидетельствует об отрицательных результатах освоения учебной дисциплины ("неудовлетворительно").

Пороговый:

Если обучающийся демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению учебных задач в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем, следует считать, что компетенция сформирована, но ее уровень недостаточно высок. Поскольку выявлено наличие сформированности компетенции, ее следует оценивать положительно, но на низком уровне ("удовлетворительно").

Повышенный:

Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель при потенциальном формировании компетенции, подтверждает наличие сформированности компетенции, причем на более высоком уровне. Наличие сформированности компетенции на повышенном уровне самостоятельности со стороны обучающегося при ее практической демонстрации в ходе решения аналогичных заданий следует оценивать как положительное и устойчиво закрепленное в практическом навыке ("хорошо").

Продвинутый:

Обучающийся демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения неизвестных или нестандартных задач в рамках учебной дисциплины с использованием знаний, умений и навыков, полученных как в ходе освоения данной учебной дисциплины, так и смежных дисциплин, следует считать компетенцию сформированной на продвинутом уровне. Присутствие сформированности компетенции на продвинутом уровне, способность к ее дальнейшему саморазвитию и высокой адаптивности практического применения к изменяющимся условиям профессиональной задачи ("отлично").

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Адамов Э. В., Панин В. В.	Биотехнология металлов: курс лекций	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л1.2	Вольдман Г. М., Зеликман А. Н.	Теория гидromеталлургических процессов: учебник для вузов по спец. 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1993
Л1.3	Полькин С. И., Адамов Э. В., Панин В. В.	Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1982

<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Котляр Ю. А., Меретуков М. А., Стрижко Л. С.	Металлургия благородных металлов. В 2-х кн. Кн.1: учебник для студ. вузов напр. 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Руда и металлы, 2005
Л2.2	Котляр Ю. А., Меретуков М. А., Стрижко Л. С.	Металлургия благородных металлов. В 2-х кн. Кн.2: учебник для студ. вузов напр. 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Руда и металлы, 2005
Л2.3	Вольдман Г. М.	Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургии: Учеб.пособие для вузов по спец.'Металлургия цв.металлов' и 'Хим.технология редких и рассеян.элементов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1982
Л2.4	Козлов В. А., Набойченко С. С., Смирнов Б. Н.	Рафинирование меди	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1992
Л2.5	Худяков И. Ф., Тихонов А. И., Деев В. И., Набойченко С. С.	Т.1: Metallurgia меди	Библиотека МИСиС	, 1977
Л2.6	Худяков И. Ф., Тихонов А. И., Деев В. И., Набойченко С. С.	Т.2: Metallurgia никеля и кобальта	Библиотека МИСиС	, 1977
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Адамов Э. В., Алексеева Т. И., Андреев Е. Е., др., Остапенко П. Е.	Технологическая оценка минерального сырья: Методы исследования: справочник	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1990
Л3.2	Зеликман А. Н., Зеликман А. Н., Медведев А. С.	Теория гидрометаллургических процессов: лаб. практикум для студ. спец. 0402 и 0635	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л3.3	Зеликман А. Н., Медведев А. С., Коршунов Б. Г., Зеликман А. Н.	Теория гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 11.02, 01.2, 21.03	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1992
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>				
П.1	Microsoft Office			
П.2	MS Teams			
П.3	LMS Canvas			
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				
И.1	Всероссийский экологический портал: <a href="http://ecoportal.ru/">http://ecoportal.ru/</a>			
И.2	Электронная библиотека НИТУ МИСиС: <a href="http://lib.misis.ru/elbib.html">http://lib.misis.ru/elbib.html</a>			
И.3	Электронное учебно-методическое пособие. Порцевский А.К., Катков Г.А. Геотехнология (физико-химическая): <a href="http://window.edu.ru/window/library/">http://window.edu.ru/window/library/</a>			
И.4	Российская государственная библиотека: <a href="http://www.rsl.ru/">http://www.rsl.ru/</a>			
И.5	Российская национальная библиотека: <a href="http://www.nrl.ru/">http://www.nrl.ru/</a>			
И.6	Государственная публичная научно-техническая библиотека России: <a href="http://www.gpntb.ru">http://www.gpntb.ru</a>			

И.7	ЭБС "Лань" ( <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> )
И.8	Единое окно доступа к образовательным ресурсам ( <a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a> )
И.9	ScienceDirect - база полнотекстовых научных журналов и книг издательства Эльзевир ( <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a> )
И.10	Scopus - единая реферативная база данных научных публикаций ( <a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a> )
И.11	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <a href="https://www.elibrary.ru/defaultx.asp">https://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
Л-124	Учебно-научная лаборатория гравитационных и мокрых магнитных методов обогащения:	стол концентационный 30 КЦ, стол концентационный СКЛ 2, сепаратор винтовой СВМ 500, машина отсадочная МОД 0,2, машина отсадочная ОМЛ, зумпф-отстойник, Насос ПР12,5/12,5, насос лабораторный 1/2", сгуститель лабораторный, сепаратор магнитный ПБМ 40/10, сепаратор магнитный барабанный с магнитами из сплава неодим-железо-бор, шкаф сушильный 500 л, мельницы МШЛ 1 - 6 шт, мельницы МШЛ-7 - 3 шт., мельниц "Нельсон" стержневая на загрузку 8 кг, весы лабораторные, весы технические, комплект учебной мебели на 10 рабочих мест
Л-140	Учебная лаборатория подготовительных процессов:	дробилки производства "Механобр-техника": щековые ДЩ 80x150 и ДЩ 60x100, валковая ДГ 200x125, молотковая МД 3x2, конусные инерционные КИД 60; истиратель вибрационный стаканчиковый ИВЧ 3, грохот ГИЛ 0,5, анализаторы ситовые АСВ 200, весы лабораторные, комплект учебной мебели на 12 рабочих мест
Л-121А	Лаборатория подготовки проб к анализу	печь муфельная, шкаф вытяжной, бокс вытяжной
Л-122	Лаборатория рудоподготовки:	дробилка щековая "Роклабс Бойд", истиратель проб кольцевой "Роклабс", истиратель проб "Механобр-техника", грохот ГИСЛ 0,5, истиратели проб чашечные, весы технические напольные, система вытяжной вентиляции
Л-128	Лаборатория разделки чистых проб	Шкаф сушильный трехсекционный 30 кВт, вытяжные шкафы - 2 шт., муфельная печь, фильтры лабораторные под избыточное давление с компрессорами в комплекте - 3 шт., анализаторы ситовые ударные "Ротап" - 2 шт.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Рекомендуемая дополнительная литература, имеющаяся в библиотеке кафедры ОПИ:

1. Под редакцией Фазлуллина М.И. Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и др. металлов. В 2-х томах. М.: «Руда и металлы».- 2005.
2. Панышин А.М., Евдокимов С.И., Солоденко А.А. Минералургия. Владикавказ: ООО НПК «Мавр».- 2010.
3. Под редакцией Фазлуллина М.И. Кучное выщелачивание благородных металлов. М.: Изд-во Академии горных наук.- 2001.
4. Бочаров В.А., Тарасов А.В. Комбинированные технологии цветной металлургии. М.: ФГУП Институт Гинцветмет.- 2001.
5. Каравайко Г.И., Росси Дж., Агате А., Грудев С., Авакян З.А. Биоготехнология металлов. Практическое руководство. М.:

Центр международных проектов ГКНТ.- 1989., 375 с.

6. Митрофанов С.И., Мещанинова В.И., Курочкина А.В. и др. Комбинированные процессы переработки руд цветных металлов. М.: «Недра».- 1984.

Подготовка к лекциям.

Подготовка к лекционному занятию включает выполнение всех видов заданий, рекомендованных к каждой лекции, т.е. задания выполняются еще до лекционного занятия по соответствующей теме.

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. При необходимости задавать преподавателю уточняющие вопросы.

Работа над конспектом лекций, Вам всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Подготовка к практическим или лабораторным занятиям

Подготовку к каждому практическому или лабораторному занятию Вы должны начать с ознакомления с планом практического или лабораторного занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

В процессе подготовки к лабораторным и практическим занятиям, Вам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у Вас отношение к конкретной проблеме.

Ваша самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Самостоятельная работа в аудиторное время включает:

1 Самостоятельную работу по теоретическому курсу: аудиторную самостоятельную работу на лекциях, работу с лекционным материалом после лекции, выполнение дополнительных индивидуальных заданий на практических занятиях и лабораторных работах. Самостоятельная работа на лекции выполняется в конце каждой лекции и заключается в решении небольшой задачи, поставленной преподавателем по материалу прочитанной лекции.

Каждый студент имеет контрольный лист, на котором указывается фамилия, имя, отчество, группа, номер лекции, дата, задание и ответ (решение) задачи. После занятий преподаватель проверяет правильность выполнения заданий и, при необходимости, дает на следующем занятии или на консультации дополнительное задание для исправления допущенных ошибок.

Анализ контрольных листов позволяет преподавателю оценить усвоение материала каждой лекции каждым студентом и параллельно – учесть посещаемость лекций. Материал пропущенной лекции студент должен сдавать преподавателю в письменной форме в часы консультаций.

Работа с лекцией включает в себя дополнение конспекта сведениями из рекомендованной литературы (с указанием использованного источника).

Возможны выступления студентов на лекции по отдельным вопросам обсуждаемой темы (проработанные самостоятельно под руководством преподавателя); сообщения занимают 7...10 мин. Такие выступления помогают четко выражать свои мысли, аргументировано излагать и отстаивать свою точку зрения при ответе на вопросы. Самостоятельное изучение практического материала планируется примерно из расчета 0,3 ч на 1 ч лекции.

Работа с материалом лекции, выполненная через один-два дня после ее прослушивания, позволяет выделить неясные моменты, которые необходимо либо самостоятельно разобрать, пользуясь рекомендованными литературными источниками, либо обсудить с преподавателем на ближайшей консультации. Такой самоконтроль может войти в объем самостоятельной работы студента, предусмотренный рабочей программой.

2. Аудиторная самостоятельная работа на лабораторных и практических занятиях по программе дисциплины. Они обеспечивают получение навыков и умений, необходимых при изучении данной дисциплины, а также необходимых в последующем обучении и трудовой деятельности. Кроме того, они обеспечивают общение участников в диалоговом режиме и дают опыт совместного участия в решении проблем.

3. Внеаудиторная самостоятельная работа.

Перечень лабораторных и практических работ, рефератов, а также список учебных и методических пособий для этих работ размещается в Тимс в соответствующей команде, а также вывешивается в лаборатории и студенты имеют возможность подготовиться к выполнению этих работ. Внеаудиторная самостоятельная работа по практическим занятиям включает подготовку к выполнению работ, обработку полученных результатов; защита работ на практических занятиях.

Подготовка заключается в ознакомлении с названием, целью работы, основными теоретическими положениями и методическими указаниями по ее выполнению. Следует также подготовить к заполнению таблицы, приведенные в разделе

«Порядок выполнения и оформления работы».

Обработка полученных результатов заключается в выполнении расчетов, заполнении таблиц, построении графиков.

Правильно выполненным является график, на осях координат которого показаны параметры и указана их размерность. На осях указаны числа одного порядка, т.е. либо десятые доли, либо целые числа, либо сотни и т.д. Точные координаты экспериментальной точки на осях не показывают, но, поскольку все выполнено в масштабе, их легко установить.

Подготовка к промежуточной аттестации.

При подготовке к тестированию целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).