

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:16

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Металлургия благородных металлов

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

77

часов на контроль

54

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	77	77	77	77
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*ктн, доцент, Сельницын Роман Сергеевич*

Рабочая программа

**Металлургия благородных металлов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра цветных металлов и золота**

Протокол от 16.05.2023 г., №14

Руководитель подразделения Тарасов Вадим Петрович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	научить студентов понимать и правильно оценивать основные технологические процессы производства благородных металлов на основе анализа физико-химических превращений, протекающих в металлургических агрегатах, с учетом комплексности извлечения компонентов сырья и охраны окружающей среды, и обосновывать технологические схемы переработки различного типа сырья.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.1.2	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.1.3	Конструирование литейной оснастки, раздел I	
2.1.4	Металловедение, часть I	
2.1.5	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.1.6	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.1.7	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.1.8	Метрология и измерительная техника	
2.1.9	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.1.10	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.1.11	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.1.12	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.1.13	Технологии и оборудование для модификации поверхности	
2.1.14	Технология композиционных материалов	
2.1.15	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий	
2.1.16	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии	
2.1.17	Металлургия алюминия и магния	
2.1.18	Многокомпонентные диаграммы состояния	
2.1.19	Научные основы нанесения покрытий	
2.1.20	Основы бизнеса в металлургии	
2.1.21	Основы электрометаллургического производства	
2.1.22	Производство стали в конвертерах	
2.1.23	Процессы формования и спекания металлических порошков	
2.1.24	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением	
2.1.25	Рециклинг металлов	
2.1.26	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента	
2.1.27	Технология литейного производства	
2.1.28	Физико-химические процессы в литейном производстве	
2.1.29	Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов	
2.1.30	Инженерные расчеты в металлургии	
2.1.31	Методы исследования свойств металлов и сплавов	
2.1.32	Организация и математическое планирование эксперимента	
2.1.33	Органическая химия в металлургии	
2.1.34	Основы пиро- и гидрометаллургического производства	
2.1.35	Основы теории литейных процессов	
2.1.36	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.1.37	Процессы получения металлических порошков	
2.1.38	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий	
2.1.39	Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации	
2.1.40	Термодинамика и кинетика металлургических процессов	
2.1.41	Технологические измерения и приборы	
2.1.42	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов	
2.1.43	ARTCAD	
2.1.44	Обогащение руд	

2.1.45	Оборудование для процессов порошковой металлургии
2.1.46	Оборудование и технологии сталеплавильных цехов
2.1.47	Основы минералогии и петрографии
2.1.48	Прикладная кристаллография
2.1.49	Проектирование технологии изготовления отливок
2.1.50	Теория промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Защитные покрытия на металлопродукции
2.2.2	Информационные технологии в деформационной обработке металлов
2.2.3	Комплексное использование сырья и техногенных материалов
2.2.4	Конструкционные порошковые материалы общемашиностроительного и специального назначения
2.2.5	Материаловедение и термообработка металлов и сплавов
2.2.6	Материаловедение неметаллических материалов
2.2.7	Методы исследования технологических процессов и оборудования
2.2.8	Методы оценки качества и исследования металлургических свойств техногенного сырья и вторичных ресурсов
2.2.9	Моделирование процессов и объектов в металлургии
2.2.10	Наилучшие доступные технологии в металлургии
2.2.11	Оборудование литейных цехов
2.2.12	Основы аддитивных технологий
2.2.13	Основы процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза
2.2.14	Охрана труда и промышленная безопасность
2.2.15	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов
2.2.16	Производство благородных металлов
2.2.17	Производство легких металлов
2.2.18	Производство отливок из сплавов цветных металлов
2.2.19	Производство редких металлов
2.2.20	Производство слитков из сплавов цветных металлов
2.2.21	Современные методы исследования металлических материалов
2.2.22	Современные процессы в металлургии и материаловедении и методы их исследования
2.2.23	Специальные способы литья
2.2.24	Теория металлургических процессов
2.2.25	Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем
2.2.26	Технологии защиты оборудования и металлопродукции от коррозии
2.2.27	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.2.28	Технология композиционных материалов
2.2.29	Экология металлургического производства
2.2.30	Автоматизация машин и агрегатов ОМД
2.2.31	Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов
2.2.32	Дизайн литого изделия
2.2.33	Компьютерное проектирование и инжиниринг
2.2.34	Материаловедческие основы производства твердых сплавов
2.2.35	Мониторинг работы металлургического предприятия
2.2.36	Основы теории сварки и пайки литых изделий
2.2.37	Отливки для металлургической и горнодобывающей отраслей
2.2.38	Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы
2.2.39	Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.2.40	Промышленная экология и технологии декарбонизации
2.2.41	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.42	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов
2.2.43	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства меди, никеля и сопутствующих элементов
2.2.44	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.2.45	СВС-технологии получения неорганических материалов

2.2.46	Теплоэнергетика и вторичные энергоресурсы
2.2.47	Технологии Big Data
2.2.48	Технология промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.2.49	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.50	Экодизайн и зеленые технологии
2.2.51	Экология литейного производства
2.2.52	Автоматизация процессов экстракции
2.2.53	Анализ данных и аналитика в принятии решений
2.2.54	Аффинаж благородных металлов
2.2.55	Дефекты в отливках, способы выявления и устранения
2.2.56	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение
2.2.57	Инженерия биоповерхностей
2.2.58	Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов
2.2.59	Конструирование и моделирование металлических материалов
2.2.60	Материалы на основе углерода
2.2.61	Металловедение, часть 3
2.2.62	Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов
2.2.63	Методы и инструменты бережливого производства
2.2.64	Моделирование литейных процессов
2.2.65	Оборудование и технологии специальной электрометаллургии
2.2.66	Обращение со шлаками и шламами
2.2.67	Планирование эксперимента
2.2.68	Разработка и реализация предпринимательских проектов
2.2.69	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния
2.2.70	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства свинца, цинка и сопутствующих элементов
2.2.71	Современные методы металлургии и машиностроения
2.2.72	Современные технологические решения в деформационной обработке металлов и сплавов
2.2.73	Технология производства твердых сплавов
2.2.74	Экологическая экспертиза
2.2.75	Научно-исследовательская работа
2.2.76	Научно-исследовательская работа
2.2.77	Научно-исследовательская работа
2.2.78	Научно-исследовательская работа
2.2.79	Научно-исследовательская работа
2.2.80	Научно-исследовательская работа
2.2.81	Научно-исследовательская работа
2.2.82	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.83	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.84	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.85	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.86	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.87	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.88	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

**ПК-4: Способен осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке**

**Знать:**

ПК-4-31 основные формулы расчета; основные меры по обеспечению безопасности разрабатываемой технологии производства благородных металлов

**ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов**

**Знать:**

ПК-2-31 Основные технологии и оборудование для производства благородных металлов

**Владеть:**

ПК-2-В1 правами и обязанностями в период обучения; навыками самостоятельной работы; навыками ведения поиска необходимых знаний по литературным и другим источникам

**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
	<b>Раздел 1. Физико-химические свойства благородных металлов и общие принципы их извлечения</b>							
1.1	Предмет и задачи металлургии благородных металлов; свойства и минералы благородных металлов /Лек/	8	4	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2Л2.3		КМ1	
1.2	Общие принципы извлечения золота и серебра из сырья. Технологии получения благородных металлов с использованием различных методов. /Лек/	8	4	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2Л2.3		КМ1	
1.3	Аппаратура и технология гравитационного обогащения: концентрация благородных металлов в отсадочных машинах, гидравлических ловушках, короткокonusных гидроциклонах, трубчатых концентраторах и на шлюзах с мягкими покровами /Пр/	8	2	ПК-2-В1	Л1.1Л2.2			Р21
1.4	Химические соединения золота, серебра, платины и палладия. /Лаб/	8	4	ПК-2-В1	Л1.1Л2.2Л3.1	занятия проводятся в специализированной лаборатории	КМ2	Р12
1.5	Аппаратура внутренней и внешней амальгамации, переработка золотосодержащих амальгам, технико-экономические показатели амальгамационных установок, техника безопасности при амальгамации /Пр/	8	2	ПК-2-В1	Л2.2Л1.2			Р22
1.6	Домашнее задание №1 /Ср/	8	10	ПК-2-В1	Л2.3 Л1.1Л1.2			Р1
1.7	Домашнее задание № 2 /Ср/	8	14	ПК-2-В1	Л1.1Л1.1 Л1.1 Л2.8			Р2
1.8	Домашнее задание № 3 /Ср/	8	20	ПК-2-В1	Л1.1Л1.1 Л1.1 Л2.7 Л2.8			Р3
	<b>Раздел 2. Извлечение благородных металлов из руд с применением цианистых растворов</b>							
2.1	Физико-химические основы процесса цианирования /Лек/	8	6	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2Л2.2		КМ1	

2.2	Технология процесса цианирования /Лек/	8	6	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Л2.3Л1.2		КМ1	
2.3	Методы осаждения золота и серебра из цианистых растворов и пульп /Лек/	8	2	ПК-2-31 ПК-4-31	Л2.2Л1.1		КМ1	
2.4	Специальные способы переработки руд и концентратов благородных металлов /Лек/	8	4	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2Л2.2		КМ1	
2.5	Теоретические основы цианирования /Пр/	8	6	ПК-2-31 ПК-2-В1 ПК-4-31	Л1.2Л1.1			Р15
2.6	Построение диаграмм Пурбе /Пр/	8	4	ПК-2-В1	Л1.2Л1.1			Р16
2.7	Устройство перколяционных чанов, способы механизированной загрузки и выгрузки песков. Расчёт процесса /Пр/	8	8	ПК-2-В1	Л1.2Л2.8			Р17
2.8	Составление схемы операций и расчёта аппаратов агитационного цианирования пульп. Составление схемы операций и расчёт промывки осадков противоточной декантацией и на вакуумфилтрах /Пр/	8	8	ПК-2-В1	Л1.2Л2.8			Р18
2.9	Выщелачивание золотосодержащей руды цианистым раствором. /Лаб/	8	7	ПК-2-В1	Л1.2Л1.1Л3.1	занятия проводятся в специализированной лаборатории	КМ2	Р13
2.10	Осаждение золота и серебра из цианистых растворов цинковой пылью /Лаб/	8	6	ПК-2-В1	Л1.2Л1.1Л3.1	занятия проводятся в специализированной лаборатории	КМ2	Р14
2.11	Составление схемы операций и расчет процесса сорбционного выщелачивания с применением ионообменных смол, Составление схем операций и расчет процесса сорбционного выщелачивания с применением углей /Пр/	8	4	ПК-2-В1	Л1.2Л2.2 Л2.8			Р19
2.12	Тестирование (лекционный контроль) №1 /Ср/	8	10	ПК-2-В1	Л1.2Л1.1			Р9
2.13	Домашнее задание № 4 /Ср/	8	4	ПК-2-В1	Л1.1Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л2.7 Л2.8			Р4
2.14	Домашнее задание № 5 /Ср/	8	4	ПК-2-В1	Л1.2Л2.2 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л2.8			Р5
2.15	Домашнее задание № 6 /Ср/	8	5	ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.1Л1.1 Л2.7 Л2.8			Р6
2.16	Домашнее задание № 7 /Ср/	8	4	ПК-2-В1	Л1.2Л2.2 Л2.3 Л1.1 Л2.8			Р7

	<b>Раздел 3. Альтернативные методы получения благородных металлов, переработка и утилизация отходов</b>							
3.1	Бесцианидные методы выщелачивания золота и серебра из руд /Лек/	8	6	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2Л1.1		КМ1	
3.2	Обезвреживание цианистых сточных вод и отвалов /Лек/	8	2	ПК-2-31 ПК-4-31	Л2.2Л1.1		КМ1	
3.3	Итоговое тестирование /Ср/	8	4	ПК-2-В1	Л1.2Л1.1			Р11
3.4	Домашнее задание № 8 /Ср/	8	2	ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.1Л1.1 Л1.1 Л2.8			Р8

### 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	Экзамен	ПК-2-31;ПК-4-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физические свойства золота и серебра и их применение.</li> <li>2. Химические свойства золота.</li> <li>3. Химические свойства серебра.</li> <li>4. Месторождение золота и типы руд.</li> <li>5. Минералы золота.</li> <li>6. Минералы серебра.</li> <li>7. Принципы извлечения золота и их краткая характеристика.</li> <li>8. Принципиальная технологическая схема переработки кварцевых золотосодержащих руд</li> <li>9. Назовите все благородные металлы</li> <li>10. Принципиальная технологическая схема переработки сульфидных золотосодержащих руд</li> <li>11. Назовите гравитационные методы обогащения.</li> <li>12. Обогащение в отсадочных машинах (аппаратура, конструкция, достоинства и недостатки)</li> <li>13. Обогащение в барабанных концентратах (аппаратура, конструкция, достоинства и недостатки)</li> <li>14. Обогащение в короткоконусных гидроциклонах (аппаратура, конструкция, достоинства и недостатки)</li> <li>15. Обогащение на шлюзах, на концентрационных столах. (аппаратура, конструкция, достоинства и недостатки)</li> <li>16. Дрожный метод извлечения золота из россыпных месторождений</li> <li>17. Сущность процесса амальгамации.</li> <li>18. Виды амальгамации.</li> <li>19. Аппаратура для амальгамации.</li> <li>20. Методы обработки амальгамации.</li> <li>21. Сущность процесса цианирования.</li> <li>22. Механизм растворения золота при цианировании.</li> <li>23. Для чего применяют защитную щелочь ?</li> <li>24. Оборудования применяемые при цианировании.</li> <li>25. Выделение благородных металлов из цианистых растворов.</li> <li>26. Теоретические основы процесса цементации золота цинком.</li> <li>27. Подземное выщелачивание золота</li> <li>28. Кучное выщелачивание золота.</li> <li>29. Фильтрация, аппаратура.</li> <li>30. Промывка, аппаратура.</li> <li>31. Ионнообменное извлечение золота.</li> <li>32. Химизм и механизм сорбции.</li> <li>33. Аппаратура для сорбционных процессов.</li> <li>34. Регенерация угля.</li> <li>35. Осаждение золота из тиомочевинных растворов</li> <li>36. Сорбция активными углями.</li> </ol>



			<p>37. Сорбция благородных металлов активными углями из осветлённых растворов.</p> <p>38. Сорбция благородных металлов активными углями из пульп.</p> <p>39. Способы аффинажа благородных металлов.</p> <p>40. Обработка цианистых осадков.</p> <p>41. Назовите страны основные производители золота</p> <p>42. Каков объем производство золота в России?</p> <p>43. Укажите основную отрасль использования металлов платиновой группы</p> <p>44. В каком продукте концентрируется БМ при пирометаллургической переработке сырья?</p> <p>45. При наличии каких дополнительных факторов будет растворяться золото в соляной кислоте?</p> <p>46. Какова основная степень окисления золота?</p> <p>47. Какова степень окисления золота и серебра в тиомочевинных растворах?</p> <p>48. Какими минеральными солями золото восстанавливается из растворов?</p> <p>49. Каков заряд комплекса серебра с цианид-ионом?</p> <p>50. В каком виде золото преимущественно находится в земной коре?</p> <p>51. В каком приборе(аппарате) отделяется крупнокусковая порода в драгах?</p> <p>52. К какой категории систем относится амальгама золота?</p> <p>53. Почему кислород воздуха окисляет золото в цианистых растворах?</p> <p>54. Что является побочным продуктом реакции растворения золота в цианистых растворах?</p> <p>55. Какой из этапов цианирования протекает наиболее быстро?</p> <p>56. Изменением какого фактора можно достичь резкого повышения скорости цианирования золота, если процесс протекает в кинетическом режиме?</p> <p>57. Почему для цианирования золота редко используются автоклавы?</p> <p>58. По каким показателям кучное выщелачивание значительно уступает другим способам цианирования?</p> <p>59. По каким показателям агитационное выщелачивание значительно превосходит другие способы цианирования?</p> <p>60. По каким показателям сорбционное выщелачивание значительно превосходит другие способы цианирования?</p> <p>61. Чем ограничивается применимость электролитического извлечения золота из цианистых растворов?</p> <p>62. Бактериальное выщелачивание золота</p> <p>63. Окислительный обжиг сульфидных мышьяковистых руд и концентратов</p> <p>64. Окислительно-хлорирующий обжиг золотосодержащих сульфидных концентратов</p> <p>65. Совместная плавка золотосодержащего сырья с медными и свинцовыми концентратами</p> <p>66. Какова необходимость проведения предварительного цианирования перед сорбционным?</p> <p>67. Регенерация цианистых растворов.</p> <p>68. Перечислите наиболее вредные компоненты в цианистых растворах.</p> <p>69. Причины потерь цианида и щелочи при выщелачивании золотосодержащего сырья</p> <p>70. Взаимодействие соединений железа с цианистыми растворами</p> <p>71. Взаимодействие соединений мышьяка и сурьмы с цианистыми растворами</p> <p>72. Взаимодействие соединений цинка и свинца с цианистыми растворами</p> <p>73. Взаимодействие соединений ртути с цианистыми растворами</p> <p>74. Утомляемость растворов в процессе цианирования (причины, восстановление активности цианистых растворов)</p>
--	--	--	---

КМ2	Защита лабораторных работ	ПК-2-В1	<p>Контрольные вопросы</p> <p>Лабораторная работа 1</p> <p>1.Каковы основные валентные состояния благородных металлов? (Ответ пояснить примерами.)</p> <p>2.В каких кислотах и щелочах растворяются благородные металлы? (Привести стандартные потенциалы переходов металлов в раствор.)</p> <p>3.Каковы основные реакции восстановления золота из AuCl<sub>3</sub>?</p> <p>4.Каковы химические свойства золота и серебра и их применение?</p> <p>лабораторная работа 2</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>1.Каково влияние концентрации цианида и щелочи на скорость выщелачивания золота?</p> <p>2.В чем характерные особенности поведения золота и серебра при цианировании?</p> <p>3.Какие примеси оказывают вредное влияние на цианирование и почему?</p> <p>4.Что называется «утомляемостью цианистых растворов»?</p> <p>5.В каких аппаратах проводят процесс выщелачивания золота просачиванием?</p> <p>6.В каких аппаратах проводят процесс цианирования золота агитированием?</p> <p>7.Каков заряд комплекса серебра с цианид-ионом?</p> <p>8.При наличии каких дополнительных факторов золото будет растворяться в соляной кислоте?</p> <p>9.Для чего применяют защитную щелочь?</p> <p>Лабораторная работа 3</p> <p>1.Почему цинк вытесняет из цианистых растворов золото и серебро?</p> <p>2.Почему при осаждении золота цинком его расход в десятки раз выше, чем по стехиометрическому расчету?</p> <p>3.В чем причины необходимости обескислороживания и применения свинцовых солей перед осаждением благородных металлов?</p> <p>4.Каково содержание благородных металлов в цинковых осадках?</p> <p>5.Какие существуют способы переработки цинковых золотосодержащих осадков?</p> <p>6.В чем сущность электрохимической теории при восстановлении золота из цианистых растворов цинком?</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
Р1	Домашнее задание №1 "Основные месторождения, значение и применение благородных металлов"	ПК-2-В1;ПК-2-31;ПК-4-31	<p>1) Назовите крупнейшие месторождения благородных металлов (серебро, золото, платина) на территории СНГ, укажите на территории какой области, экономического района они находятся.</p> <p>2) Значение и применение благородных металлов.</p>
Р2	Домашнее задание №2 "Гравитационные методы извлечения золота из руд"	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-2-В1	<p>1) Привести эскиз и описание одного или нескольких аппаратов, применяемых для извлечения золота из россыпных месторождений.</p> <p>2) Привести эскиз и описание одного или нескольких аппаратов, применяемых для извлечения золота из коренных месторождений.</p>
Р3	Домашнее задание №3 "Извлечения золота и серебра амальгамацией"	ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-4-31	<p>1) Задача. Определение критерия смачивания золота ртутью, если поверхностное натяжение ртути 465 дин/см, воды – 72,8 дин/см.</p> <p>2) Техника безопасности при амальгамации. Основные меры предосторожности.</p>
Р4	Домашнее задание №4 "Цианирование золотосодержащих руд"	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-2-В1	<p>1) Из каких стадий состоит процесс растворения золота, как определить лимитирующую?</p> <p>2) Назовите факторы, влияющие на скорость цианирования.</p> <p>3) Техника безопасности при работе с цианидами. Основные меры предосторожности.</p>

P5	Домашнее задание №5 "Диаграмма Пурбе"	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-2-В1	<p>Вариант 1. Предсказание процессов гидролиза, конпропорционирования, диспропорционирования, вытеснения водорода, окисления кислородом воздуха, выделения кислорода на примере диаграммы Пурбе для урана.</p> <p>Вариант 2. Предсказание процессов гидролиза, конпропорционирования, диспропорционирования, вытеснения водорода, окисления кислородом воздуха, выделения кислорода на примере диаграммы Пурбе для железа.</p> <p>Вариант 3. Предсказание процессов гидролиза, конпропорционирования, диспропорционирования, вытеснения водорода, окисления кислородом воздуха, выделения кислорода на примере диаграммы Пурбе для марганца.</p>
P6	Домашнее задание №6 "Процессы выщелачивания золотосодержащих руд цианированием в промышленных условиях"	ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-4-31	<p>Задача 1. Найти разрывающее напряжение, действующее на глубине 4 м в поперечном сечении стенки железного чана, имеющего: <math>D=16</math> м и <math>t = 8,2</math> мм при наполнении мокрым песком удельного веса 2,6.</p> <p>Задача 2. Рассчитать обруч деревянного чана, имеющего размеры: <math>r = 2,0</math>; <math>W = 160</math> мм; <math>D = 14</math> м; <math>H=2,8</math> м. Сделайте графическое построение.</p>
P7	Домашнее задание №7 "Агитационное выщелачивание благородных металлов"	ПК-2-31;ПК-4-31;ПК-2-В1	<p>1) Приведите типы, описание и эскизы известных вам типов агитаторов.</p> <p>2) Как рассчитать среднюю продолжительность пребывания пульпы в каскаде?</p>
P8	Домашнее задание №9 "Основные термины и определения"	ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-4-31	<p>Дать определения следующих понятий:          Благородные металлы; Цианирование; Амальгамация; Защитная щелочь; Адсорбция; Абсорбция; Десорбция; Выщелачивание; Гравитационное обогащение; Гидрометаллургические процессы (примеры); Пирометаллургические процессы (примеры); Электрометаллургические процессы (примеры); Декантация; Окисление, окислитель; Восстановление, восстановитель; Цементация; Утоляемость цианистых растворов; Доводка концентратов; Классификация; Дистилляция; Купелирование; Аффинаж; Гидролиз</p>
P9	Тестирование (лекционный контроль) №1	ПК-2-31;ПК-4-31	<p>Для чего при цианировании вводится защитная щелочь?          Что такое цианирование золота?          Каковы обычные концентрации цианида при цианировании золотых руд?          Что такое агитация ?          Окислитель золота в процессе цианирования?</p>
P10	Тестирование (лекционный контроль) № 2	ПК-2-31;ПК-4-31	<p>Что такое аффинаж?          Материал катодов при рафинировании золота          Для чего вводится: азотная кислота в электролит при электролизе серебра?          Цель приемной плавки при аффинаже          При каком процессе применяют аноды в чехлах?</p>

P11	Итоговое тестирование	ПК-2-31;ПК-4-31	<p>Сколько всего существует благородных металлов          Назовите виды амальгамации?          В какой среде протекает процесс цианирования золота?          Какова основная степень окисления золота?          Какие типы ионообменных смол Вы знаете?          Что является коллектором благородных металлов при пробирном анализе?          Металл – катализатор, используемый для обезвреживания выхлопных газов?          Где концентрируются благородные металлы: при получении никеля?          Что такое аффинаж?          Материал катодов при рафинировании золота?          Что такое цианирование?          Как называется процесс извлечения благородных металлов обработкой рудного сырья металлической ртутью?          Какой из этих металлов не относится к благородным?          Какой из металлов не относится к металлам платиновой группы?          Что такое сплав Доре?          Минерал серебра?          Минерал Золота?          Каким металлов ведут процесс осаждения золота из цианистых растворов?          Что такое Пачук?          Что такое Активные угли?          Что такое процесс Вольвилля?          Каков заряд комплекса серебра с цианид-ионом?          Каков заряд комплекса золота с цианид-ионом          Что такое Драга?          Что такое диаграмма Пурбе?          Температура плавления золота?          Температура плавления серебра?          Электродный потенциал золота в водных растворах?          Температура плавления платины?          Какова продолжительность десорбции?</p>
P12	Лабораторная работа 1. Химические соединения золота, серебра, платины и палладия	ПК-2-В1;ПК-2-31	<p>Выполняются опыты, указанные преподавателем из методического пособия. Опыт с растворами благородных металлов нужно выполнять с особой аккуратностью во избежание расходования излишнего количества дорогих реактивов</p>
P13	Лабораторная работа 2 Выщелачивание золотосодержащей руды цианистым раствором с определением расхода реагентов	ПК-2-31;ПК-2-В1	<p>Приобрести навыки экспресс-анализа цианистых растворов и закрепить знания по цианированию золотосодержащих руд, научиться анализировать полученные результаты.          Для установления оптимальных условий извлечения золота из руд методом цианирования изучают влияние следующих факторов на степень извлечения (по указанию преподавателя):          а) концентрации цианида и щелочи;          б) продолжительности перемешивания;          в) расхода реагентов.          Установив крупность измельчения руды, переходят к определению оптимального времени перемешивания. Продолжительность опытов – 12; 36 и 48 ч. После перемешивания пульпу фильтруют и в золотосодержащих растворах определяют содержание золота, вычисляют процент его извлечения и устанавливают оптимальную продолжительность выщелачивания руды.          Изучение влияния остальных факторов на извлечение благородных металлов проводят таким же образом.</p>

P14	Лабораторная работа 3 Осаждение золота и серебра из цианистых растворов цинковой пылью	ПК-2-В1;ПК-4-31	<p>Приобрести навыки по осаждению благородных металлов из растворов цинком и научиться самостоятельно анализировать полученные результаты.</p> <p>В стакан или коническую колбу емкостью 500–750 см<sup>3</sup> помещают 250 см<sup>3</sup> раствора, прибавляют 0,5 г цианистого калия, 3 г цинковой пыли и пять-десять капель 10%-ного раствора уксуснокислого свинца. Пробу нагревают на песчаной бане в течение 0,5–1 ч при температуре 80 °С и перемешивании раствора. Затем к пробе прибавляют 30 см<sup>3</sup> 10%-ного раствора уксуснокислого свинца и раствор перемешивают до кипения при нагревании. Пробу кипятят 10–15 мин, охлаждают и добавляют 20 см<sup>3</sup> концентрированной соляной кислоты, после чего кипятят до полного растворения металлического цинка.</p> <p>Когда раствор станет прозрачным, его отфильтровывают через фильтровальную бумагу или фильтр из свинцовой фольги 6×6 см. На дне фильтра прокалывают иглой несколько маленьких отверстий. Вначале сливают через фильтр весь раствор, а свинцовую губку оставляют в колбе, где ее промывают 2–3 раза сначала горячей водой, а затем холодной, переносят на фильтр и отжимают стеклянной палочкой.</p> <p>По реакции осаждения золота цинковой пылью рассчитать количество цинковой пыли и сравнить с практическим расходом. Объяснить полученные данные. После выделения золота методом купелирования рассчитать содержание золота в твердой фазе (соотношение т:ж задается преподавателем). Вычислить степень извлечения благородных металлов по стадии выщелачивание – осаждение цинковой пылью.</p>
P15	ПЗ Теоретические основы цианирования	ПК-2-В1	Рассматриваются основные теоретические моменты цианирования золота
P16	ПЗ Построение диаграмм Пурбе	ПК-2-В1	Обучающие ознакамливаются с принципами построения диаграмм Пурбе
P17	ПЗ Устройство перколяционных чанов, способы механизированной загрузки и выгрузки песков. Расчёт процесса	ПК-2-В1	Студентам демонстрируются чертежи перколяционных чанов, разъясняется принцип их работы и приводится расчет основных параметров
P18	ПЗ Составление схемы операций и расчёта аппаратов агитационного цианирования пульп. Составление схемы операций и расчёт промывки осадков противоточной декантацией и на вакуумфильтрах	ПК-2-В1	Студентам демонстрируются чертежи и схемы работы агитаторов, вакуумфильтров, разъясняется принцип их работы и приводится расчет основных параметров

P19	ПЗ Составление схемы операций и расчет процесса сорбционного выщелачивания с применением ионообменных смол, Составление схем операций и расчет процесса сорбционного выщелачивания с применением	ПК-2-31;ПК-2-В1	Студентам демонстрируются схемы операций и принципы расчета сорбционного выщелачивания, приводятся примеры выбора схем.
P20	ПЗ Контроль технологического процесса аффинажа и баланс драгоценных металлов, технико-экономические показатели процессов аффинажа благородных металлов	ПК-2-31;ПК-2-В1	Студентам демонстрируется пример расчета баланса драгоценных металлов в процессах аффинажа.
P21	Аппаратура и технология гравитационного обогащения: концентрация благородных металлов в отсадочных машинах, гидравлических ловушках, короткокonusных гидроциклонах, трубчатых концентраторах и на шлюзах с мягкими покровами	ПК-2-В1	Студенты обучаются технологии гравитационного обогащения и обучаются основному оборудованию
P22	Аппаратура внутренней и внешней амальгамации, переработка золотосодержащих амальгам, технико-экономические показатели амальгамационных установок, техника безопасности при амальгамации	ПК-2-В1	Студентам демонстрируются схемы и чертежи аппарата внутренней и внешней амальгамации, разъясняются принципы переработки золотосодержащих амальгам, дается пример расчета технико-экономических показателей амальгамационных установок

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

По курсу предусмотрен экзамен. Экзаменационный билет состоит из 3-х теоретических вопросов. Билеты хранятся на кафедре.

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

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы или не выполнены домашние задания, не пройдено тестирование, не защищены лабораторные работы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Стрижко Леонид Семенович, Урусова Светлана Михайловна, Божко Галина Геннадьевна	Металлургия благородных металлов: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Металлургия цв. металлов'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Романтеев Юрий Павлович	Металлургия благородных металлов: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Металлургия цветных металлов'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л2.2	Масленицкий И. Н., Чугаев Л. В., Борбат В. Ф., др., Чугаев Л. В.	Металлургия благородных металлов: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1987
Л2.3	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
Л2.4	Стрижко Л. С.	Металлургия золота и серебра: Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 110200 - 'Металлургия цветных металлов'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2001
Л2.5	Колчин Юрий Олегович, Миклушевский Владимир Владимирович, Богатырева Елена Владимировна, Стрижко Владимир Семенович, Медведев Александр Сергеевич	Оборудование гидрометаллургических процессов. Расчет аппаратов гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Металлургия цв. металлов'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.6	Лолейт Сергей Ибрагимович, Меретуков М. А., Стрижко Леонид Семенович, Гурин К. К.	Современные проблемы металлургии и материаловедения благородных металлов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л2.7	Лопатин А. Г., Стрижко Владимир Семенович	Гравитационные методы обогащения: Метод. указания по выполнению домашнего задания с помощью ЭВМ для студ. спец. 0204	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л2.8	Богатырева Елена Владимировна, Соколов В. А., Стрижко Леонид Семенович, др.	Инженерные расчеты в металлургии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Сельницын Роман Сергеевич, Кондратьева Елена Сергеевна	Металлургия благородных металлов (N 4399): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2021

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	LMS Canvas
П.2	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.3	ESET NOD32 Antivirus
П.4	ИВТАН ТЕРМО
П.5	Microsoft Office
П.6	Консультант Плюс
П.7	Garant.ru
П.8	WinRAR

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
И.2	Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-206	Учебная аудитория	проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная IKA EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL
К-233	Лаборатория	доска маркерная; дистиллятор GFL; печь муфельная - 2 шт.; весы лабораторные - 2 шт.
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.
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная IKA, комплект учебной мебели



Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 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

### **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Лекции и часть практических занятий проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint.

Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail, LMS CANVAS и при личной явке.

Текущий контроль проводится в часы практических занятий.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

Домашние задания и тестирования выполняются в LMS Canvas.

Самостоятельной работой студенты могут заниматься в специализированном читальном зале.