

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«МЕТАЛЛУРГИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Электрометаллургия алюминия

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Аксенов Александр
Владимирович
Дата подписания: 08.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 08.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Металлургия благородных металлов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-4 Способность осуществлять, анализировать и корректировать процессы металлургической переработки металлосодержащих руд и вторичного сырья, а также получения первичного алюминия и(или) производства обожженных анодов и(или) литейного производства	ПКС-4.6

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-4.6	Демонстрирует способность осуществлять и корректировать процессы переработки руд благородных металлов	Знать Знать основные параметры, оказывающих влияние на эффективность металлургических процессов переработки руд благородных металлов и диапазоны их оптимальных значений; основные причины нарушений работы технологических процессов в металлургии; способы регулирования осуществлением металлургическим процессом Уметь Уметь применять полученные знания об условиях протекания технологических процессов переработки руд благородных металлов для обеспечения правильного ведения технологического процесса Владеть Владеть навыками корректировки технологических процессов получения цветных металлов в случаях нарушения технологии производства

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Металлургия благородных металлов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Металлургические технологии», «Теория гидрометаллургических процессов», «Теория пирометаллургических процессов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	16	16
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Общие сведения о благородных металлах. Сырья и минералы благородных металлов.	1, 2	4							Устный опрос
2	Принципы извлечения благородных металлов из руд. Обогащение золотосодержащего сырья	3, 4, 5	6			1, 2	4			Устный опрос
3	Выщелачивание золотосодержащих руд. Взаимодействие минералов с цианидными растворами	6, 7	4	3	3	3, 5, 6	10	3, 4, 6	16	Устный опрос
4	Извлечение металла из	8, 9, 10	6	2, 4	6	4	2	1	8	Устный опрос

	растворов									
5	Извлечение золота и серебра из упорных руд и концентратов	11, 12	4	1, 5	7			5	10	Устный опрос
6	Переработка гравииоцентратов и цинковых осадков	13, 14	4					2	10	Устный опрос
7	Аффинаж благородных металлов	15, 16	4							Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		16		16		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Общие сведения о благородных металлах. Сырьё и минералы благородных металлов.	Группа благородных металлов. Основные физические и химические свойства. Применение. Основные минералы благородных металлов. Типы руд.
2	Принципы извлечения благородных металлов из руд. Обогащение золотосодержащего сырья	Технология переработки золотосодержащих руд. Факторы, влияющие на выбор технологической схемы. Основные принципы переработки золотосодержащего сырья. Основные процессы обогащения руды. Значение цианистого процесса. Физико-химические основы цианистого процесса.
3	Выщелачивание золотосодержащих руд. Взаимодействие минералов с цианидными растворами	Виды выщелачивания. Реакция процессов на присутствующие в рудах минералы. Основные растворители золота и серебра.
4	Извлечение металла из растворов	Перечень способов выделения металлов из растворов. Основы сорбции золота и серебра на уголь и смолы. Регенерация сорбентов. Основы сорбции золота углем. Регенерация угля и осаждение золота из растворов (элюатов).
5	Извлечение золота и серебра из упорных руд и концентратов	Классификация упорных руд. Переработка руды с тонковкрапленным золотом. Переработка углистых, медистых, глинистых и других золотосодержащих руд.
6	Переработка гравииоцентратов и цинковых осадков	Переработка гравитационных золотосодержащих концентратов. Переработка цинковых осадков. Извлечение благородных металлов из промпродуктов переработки руд.
7	Аффинаж благородных металлов	Исходное сырьё и готовая продукция. Аффинаж золота. Аффинаж серебра. Аффинаж металлов платиновой группы.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Микроскопическое исследование образцов золотосодержащей руды	3
2	Изучение процесса цементации серебра из цианистых растворов	3
3	Определение в растворах концентрации свободного цианида и защитной щелочи	3
4	Исследование процесса ионообменного извлечения золота из раствора и пульп	3
5	Сорбционное выщелачивание золотосодержащей руды	4

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Выбор и расчет оборудования для измельчения. Расчет мельниц.	2
2	Выбор и расчет оборудования для классификации. Расчет гидроциклонов.	2
3	Расчет угольно-сорбционного процесса	2
4	Расчет непрерывной противоточной декантации	2
5	Расчет схемы кучного выщелачивания	2
6	Расчет качественно-количественных схем	6

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание реферата	8
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	10
3	Подготовка к контрольным работам	4
4	Подготовка к практическим занятиям	8
5	Подготовка к сдаче и защите отчетов	10
6	Тестирование по разделам дисциплин	4

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия, тренинг

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Металлургия благородных металлов: метод. указания к практическим работам /сост. А.И. Карпухин. – Иркутск, изд-во ИрГТУ, 2012.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Металлургия благородных металлов: метод. указания к лабораторным работам / сост. В.В. Жмурова. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

1. Подготовка к практическим занятиям

Цель - формирование в ходе занятий компетенций, развитие навыков металлургических расчетов.

Задание на СРС

Изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего практического занятия.

Рекомендации к выполнению задания

При подготовке к практическому (семинарскому) занятию следует в первую очередь рассмотреть вопросы по теме занятия. При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать литературу, указанную преподавателем, в объеме изучаемой темы. Самостоятельное изучение разделов курса производится с использованием литературных источников и интернет-ресурсов.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

2. Написание реферата

Цель работы - приобрести опыт самостоятельной творческой деятельности, продемонстрировать

способность к использованию творческого потенциала, повысить общекультурный уровень.

Задание на СРС

Данный вид СРС предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение письменной работы (реферата) по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемых литературы и информационных ресурсов.

Примерная тематика рефератов:

1. Химическая депрессия благородных металлов
2. Кучное бактериальное выщелачивание упорных руд золота и серебра
3. Биогидрометаллургическое извлечение золота и серебра из мышьяково-пиритных руд.
4. Поведение золота и серебра при обжиге сульфидных руд и концентратов
5. Арсенатирующий обжиг золотосодержащих руд
6. Обжиг марганцовистых серебросодержащих руд
7. Бесколлекторная плавка золотосодержащих концентратов
8. Высокотемпературное хлорирование в возгонкой золота
9. Тиокарбамидное выщелачивание
10. Переработка шлиховой платины

Требования к форме и содержанию отчетных материалов

В начале семестра обучающийся выбирает одну из предложенных тем для написания реферата. После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра обучающийся должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду СРС в виде реферата (текст реферата должен быть выполнен на ПК,

на листах белой бумаги формата А4). Допускается сдача реферата преподавателю в электронном виде. Объем реферата – 12-15 стр.

Рекомендации по выполнению задания

Обучающийся при выполнении данного вида СРС может пользоваться как рекомендуемой основной и дополнительной литературой и информационными ресурсами, так и подбирать и использовать новые информационные источники по тематике реферата (публикации в научных журналах - «Цветные металлы», «Металлург», «Известия вузов. Цветная металлургия» и др.), в материалах международных и всероссийских конференций, конгрессов (например, материалы Конгресса «Цветные металлы и минералы», г. Красноярск).

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

В начале семестра выдается задание на написание реферата.

3. Оформление отчетов по лабораторным работам

Перед проведением лабораторных работ все обучающиеся обязаны ознакомиться с правилами охраны труда и строго их выполнять. К выполнению лабораторных работ допускаются обучающиеся, прослушавшие инструктаж по технике безопасности и сделав соответствующую запись в журнале по ТБ в аудитории, предназначенной для проведения лабораторных работ по данной дисциплине.

1. Задание на выполнение лабораторной работы обучающийся получает на предыдущем занятии. При подготовке к лабораторной работе обучающийся обязан ознакомиться с её содержанием, повторить или изучить теоретический материал, относящийся к работе, используя рекомендуемую литературу, понять цель и задачи работы.

2. К началу занятий должна быть подготовлен шаблон отчета по лабораторной работе, в который необходимо включить необходимые расчётные формулы, подготовить таблицы для наблюдений.

4. Тестирование по разделам дисциплины

Целью подготовки к текущему контролю знаний (тестированию) является закрепление знаний по разделу «Переработка гравииооконцентратов и цинковых осадков».

Для текущего контроля знаний обучающихся по данной дисциплине предусмотрен тест. При подготовке к тесту обучающемуся необходимо проработать теоретический материал дисциплины.

Задание на СРС

При подготовке к тестированию самостоятельно изучить теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы и информационных ресурсов и прочитать конспект лекционного материала.

Рекомендации по выполнению заданий

Для успешного выполнения тестирования обучающемуся рекомендуется воспользоваться конспектом лекций и закрепить теоретические сведения изучением дополнительной литературы.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Подготовка к тестированию проводится после освоения материала раздела, для которого предусмотрен тест.

Критерии оценки качества выполнения данного вида СРС

Правильность ответов на вопросы теста – более 50%.

5. Подготовка к сдаче и защите отчетов

1. Отчет оформляется для каждой лабораторной работы. Отчёт должен содержать название работы, изложение цели и задач работы, краткое теоретическое введение, схему установки и краткое описание методики проведения работы, таблицу с опытными и

расчётными данными; графики (там, где это требуется), справочные данные, выводы по работе. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению лабораторных работ и требованиями СТО «027-2021 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ» (в рукописном виде).

2. На следующем занятии отчёт предоставляется преподавателю для проверки. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

6. Подготовка к контрольным работам

По результатам работы на практических занятиях обучающиеся выполняют контрольные работы (решение задач).

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Устный опрос

Описание процедуры.

Цель работы Приобрести опыт самостоятельной деятельности, продемонстрировать способность к самостоятельному использованию знаний и умений по поиску информации по выданному заданию. Задание на СРС Данный вид СРС предполагает индивидуальное самостоятельное изучение литературы, интернет-ресурсов для подготовки к устному опросу.

Критерии оценивания.

Полнота ответов на вопросы по теме.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-4.6	Демонстрирует способность осуществлять выбор технологической схемы переработки золотосодержащих руд в зависимости от химического состава, выбор и обоснование корректирующих действий с целью оптимизации извлечения благородных металлов.	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Обучающемуся заранее выдаются контрольные вопросы для экзамена.

Пример задания:

Вопросы к экзамену:

1. Классификация металлов и металлургических процессов.
2. Группа благородных металлов, её особенности и значение.
3. Основные химические свойства золота.
4. Основные химические свойства серебра.
5. Минералогия и добыча золота. Понятие рудного и россыпного золота.
6. Минералогия и добыча серебра.
7. Общие принципы извлечения золота и серебра из рудного сырья.
8. Основные факторы, определяющие выбор технологии переработки золотосодержащих руд.
9. Рудоподготовка и гравитационное обогащение золотосодержащих руд.
10. Цианистый процесс – основной способ извлечения благородных металлов из руд.
11. Термодинамика процесса цианирования благородных металлов из рудного сырья.
12. Кинетика процесса цианирования золота и серебра.
13. Факторы влияющие (определяющие) процесс цианирования.
14. Взаимодействие цианистых растворов с сопутствующими минералами.
15. Способы цианирования, используемые на практике.
16. Цианирование просачиванием и кучным выщелачиванием.
17. Агитационное цианирование.
18. Отделение золотосодержащих растворов фильтрацией и декантацией.
19. Методы выделения благородных металлов из растворов.
20. Цементация благородных металлов из цианистых растворов.
21. Переработка цинковых осадков.
22. Сорбционное выщелачивание.
23. Сорбционное выщелачивание в применении смолы АМ -2Б
24. Десорбция и регенерация золота со смолы АМ-2Б.

-

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Демонстрирует способность осуществлять выбор технологической схемы переработки золотосодержащих руд в зависимости от	Демонстрирует способность (не в полной мере) осуществлять выбор технологической схемы переработки золотосодержащих руд в	Слабо демонстрирует способность осуществлять выбор технологической схемы переработки золотосодержащих руд в зависимости от химического состава, выбор и	Не демонстрирует способность осуществлять выбор технологической схемы переработки золотосодержащих руд в зависимости от химического состава, не способен осуществлять выбор и

химического состава, выбор и обоснование корректирующих действий с целью оптимизации извлечения благородных металлов.	зависимости от химического состава, выбор и обоснование корректирующих действий с целью оптимизации извлечения благородных металлов.	обоснование корректирующих действий с целью оптимизации извлечения благородных металлов.	обоснование корректирующих действий с целью оптимизации извлечения благородных металлов.
---	--	--	--

7 Основная учебная литература

1. Металлургия благородных металлов : учебник для вузов по специальности "Металлургия цветных металлов" / И. Н. Мачленицкий [и др.] ; Под. общ. ред. Л. В. Чугаева, 1987. - 431.
2. Леонов С. Б. Гидрометаллургия : учебник для вузов по специальности 110200 "Металлургия цветных металлов": [В 2-х ч.]. Ч. 2. Выделение металлов из растворов и вопросы экологии / С. Б. Леонов, Г. Г. Минеев, И. А. Жучков, 2000. - 491.
3. Снурников Александр Петрович. Гидрометаллургия цинка : учеб. пособие для техн. училищ / Александр Петрович Снурников, 1981. - 384.
4. Лодейщиков В. В. Поведение благородных металлов при обжиге пиритных концентратов : автореферат диссертации... кандидата технических наук / В. В. Лодейщиков, 1960. - 23.
5. Карпухин А. И. Химико-металлургическая переработка танталониобиевых концентратов : монография / А. И. Карпухин, Г. Г. Минеев, 2007. - 111.
6. Жучков И. А. Серосодержащие растворители благородных металлов в геохимических и металлургических процессах : монография / И. А. Жучков, Г. Г. Минеев, А. В. Аксенов, 2010. - 388.
7. Лодейщиков В. М. Исследование процесса и разработка аммиачно-цианистой технологии переработки медистых золотых руд : автореферат диссертации ... кандидата технических наук: 05.16.02 / Лодейщиков Василий Михайлович, 2011. - 19.
8. Жучков И. А. Пробирный анализ. Методы определения благородных металлов в сухих сыпучих пробах : учебное пособие для очной и заочной форм обучения / И. А. Жучков, 2001. - 82.
9. Пробоотбирание и анализ благородных металлов : справочник / Иван Федорович Барышников, Н.Н. Попова, В.А. Оробинская, 1978. - 431.
10. Полькин С. И. Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов : учеб. для вузов по спец. "Обогащение полез. ископаемых" / С. И. Полькин, 1987. - 429.
11. Минеев Г. Г. Кучное выщелачивание золотосодержащих руд / Геннадий Григорьевич Минеев, Сергей Борисович Леонов, 1997. - 81.
12. Минеев Г. Г. Кучное выщелачивание золотосодержащих руд [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. Г. Минеев, С. Б. Леонов, 2008. - 92.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Меретуков Марат Ахметович. Металлургия благородных металлов : зарубежный опыт / Марат Ахметович Меретуков, А.М. Орлов, 1991. - 416.
2. Благородные металлы : справочник / Под ред. Е. М. Савицкого, 1984. - 592.
3. Современные экстракционно-сорбционные методы разделения цветных металлов : обзор: в 2 ч. / Центр. науч.-исслед. ин-т информ. и техн.-экон. исслед. цв. металлургии. Ч. 2 : Щелочные, редкие, рассеянные и благородные металлы, 1972. - 284.
4. Благородные металлы и их применение / Институт физики металлов Уральского научного центра АН СССР. Вып. 28, 1971. - 359.
5. Барченков В. В. Технология гидрометаллургической переработки золотосодержащих флотоконцентратов с применением активных углей / В. В. Барченков, 2004. - 232, [6].

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office Standard 2010_RUS_ поставка 2010_(артикул 021-09683)
2. Microsoft Windows Server Standard 2008 R2 Russian Academic OPEN 1 License No Level

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Технологические материалы, лабораторное оборудование, реактивы.
2. 1.Весы аналитические 2.Микроскоп "Axio Lab.A1"материаловедческий бинокулярный для лабораторных исследований. 3. Экран Projecta SlimScreen настенный 4. Проектор "Epson EB-S18" 5. Муфельная печь ЭКСП 10 (одноступенчатый ПИД-регулятор, без вытяжки, до 1100°C)