

**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

---

Металлургия цветных, редких и благородных металлов

---

Квалификация: Бакалавр

---

Форма обучения: очная

---

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Составитель программы: Аксенов Александр  
Владимирович  
Дата подписания: 01.06.2025

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина  
Владимировна  
Дата подписания: 01.06.2025

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-5 Способность осуществлять, анализировать и корректировать технологические процессы получения металлов	ПКС-5.5

## 1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-5.5	Демонстрирует способность осуществлять технологические процессы переработки руд благородных металлов	<b>Знать</b> 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 <b>Уметь</b> Уметь применять полученные знания об условиях протекания технологических процессов переработки руд благородных металлов для обеспечения правильного ведения технологического процесса <b>Владеть</b> 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: «Производство благородных металлов и проектирование цехов», «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	1	3			4	8	Устный опрос
2	Принципы извлечения благородных металлов из руд. Обогащение золотосодержащего сырья	3, 4, 6	6			1, 2, 6	10			Устный опрос
3	Выщелачивание золотосодержащих руд. Взаимодействие минералов с цианидными растворами	5, 9	4	3	3	3, 5	4	1, 6	12	Устный опрос
4	Извлечение металла из растворов	7, 8	4	2, 4	6	4	2	3	4	Устный опрос
5	Извлечение золота и серебра	10, 11,	6	5	4					Устный опрос

	из упорных руд и концентратов	12								
6	Переработка гравиионокцентратов и цинковых осадков	13, 14	4					2, 5	20	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. Сырья 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 гравиионокцентратов 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	Проработка разделов теоретического материала	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. Карпунин. – 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:

Обучающийся при выполнении данного вида СРС может пользоваться как рекомендуемыми 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).

## 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.

Перед проведением устного опроса обучающий закрепляет теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы, а также конспекта лекций.

##### Критерии оценивания.

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.

### 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-5.5	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

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

обоснование корректирующих действий с целью оптимизации извлечения благородных металлов.	состава, выбор и обоснование корректирующих действий с целью оптимизации извлечения благородных металлов.	действий с целью оптимизации извлечения благородных металлов.	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. Леонов С. Б. Гидрометаллургия : учеб. для вузов по специальности 110200 "Металлургия цв. металлов" : [в 2 ч.]. Ч. 1. Рудоподготовка и выщелачивание / С. Б. Леонов, Г. Г. Минеев, И. А. Жучков, 1998. - 702.
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. Минеев Г. Г. Кучное выщелачивание золотосодержащих руд / Геннадий Григорьевич Минеев, Сергей Борисович Леонов, 1997. - 81.
9. 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. Захаров Б. А. Золото: упорные руды / Б. А. Захаров, М. А. Меретуков, 2013. - 450.
2. Меретуков Марат Ахметович. Металлургия благородных металлов : зарубежный опыт / Марат Ахметович Меретуков, А.М. Орлов, 1991. - 416.
3. Металлургия благородных металлов [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению лабораторных работ по направлению подготовки бакалавров "Металлургия" очной и заочной форм обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 63.

4. Сельницын Р. С. Металлургия благородных металлов. Лабораторный практикум : практикум / Р. С. Сельницын, Е. С. Кондратьева, 2021. - 44.
5. Стрижко В. С. Металлургия благородных металлов / В. С. Стрижко, Л. П. Колмакова, 1977
6. Плаксин И. Н. Металлургия благородных металлов : учебник / И. Н. Плаксин, 1958. - 366.
7. Благородные металлы : справочник / Под ред. Е. М. Савицкого, 1984. - 592.
8. Современные экстракционно-сорбционные методы разделения цветных металлов : обзор. Ч. 1 : Actиниды и редкоземельные элементы, 1971. - 268.
9. 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.
10. Благородные металлы и их применение / Институт физики металлов Уральского научного центра АН СССР. Вып. 28, 1971. - 359.

#### **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