

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

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов (129)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №09 от 09 февраля 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»

Направление: 22.04.02 Metallургия

Совершенствование и оптимизация технологических процессов производства цветных
металлов

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Аксенов Александр
Владимирович
Дата подписания: 31.05.2026

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 08.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

1.1 Дисциплина «Прогрессивные технологии производства благородных металлов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-4 Способен разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов и оборудования в области получения металлов и сплавов	ПК-4.1
ПК-8 Способен применять принципы рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии	ПК-8.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-4.1	Демонстрирует способность разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов в области получения благородных металлов	Знать основные параметры, оказывающие влияние на эффективность технологических процессов производства благородных металлов, и диапазоны их оптимальных значений; основные причины нарушений работы технологических процессов получения благородных металлов; способы регулирования работы процессов получения благородных металлов и способы их совершенствования. Уметь анализировать работу процессов получения благородных металлов и выявлять нарушения, приводящие к снижению технико-экономических показателей. Владеть выбирать и обосновывать оптимальные значения технологических параметров процессов получения благородных металлов.
ПК-8.1	Применяет принципы рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии благородных металлов	Знать принципы рационального природопользования в области металлургии благородных металлов Уметь применять принципы рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в

		металлургии благородных металлов Владеть навыками использования принципов рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии благородных металлов
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Прогрессивные технологии производства благородных металлов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Анализ технологического цикла получения цветных металлов», «Планирование и организация исследований и разработок в области металлургии», «Современные проблемы металлургии», «Методология научных исследований», «Физико-химические методы исследования металлургических процессов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Переработка отходов металлургического производства», «Технологическое оборудование металлургических процессов»

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 № 3
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	39	39
лекции	26	26
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	13	13
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	69	69
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 № 3

№ 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	Основные виды и причины	1, 2	9			1	2	4	15	Устный опрос

	упорности руд, содержащих благородные металлы									
2	Общие принципы переработки упорных руд	3, 4, 5	8			2, 3	4			Решение задач
3	Современные способы аналитического определения состояния золота в рудах	6	2							Устный опрос
4	Современные технологические решения для переработки руд благородных металлов	7, 8	5			4, 5, 6, 7	7	2, 3	32	Доклад
5	Принципы обращения с отходами переработки руд благородных металлов.	9	2					1	22	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		26				13		105	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Основные виды и причины упорности руд, содержащих благородные металлы	Краткий обзор истории развития процессов извлечения благородных металлов из руд. Факторы, определяющие упорность руд к цианированию. Классификация золото- и серебросодержащих руд по технологической упорности
2	Общие принципы переработки упорных руд	Руды с тонковкрапленным золотом; Руды, содержащие природные сорбенты; Руды, содержащие химические депрессоры золота и цианисиды
3	Современные способы аналитического определения состояния золота в рудах	Технологическая минералогия. Прогрессивные технологические исследования
4	Современные технологические решения для переработки руд благородных металлов	Современные процессы рудоподготовки на основе разрушения руды в измельчающих валках высокого давления; Современные процессы вскрытия руд и концентратов с применением бисерных мельниц; Прогрессивные процессы окисления руд и концентратов под давлением; Прогрессивные процессы атмосферного окисления руд и концентратов. Современное аппаратное

		оформление схем сорбции и цианирования.
5	Принципы обращения с отходами переработки руд благородных металлов.	Способы складирования хвостов обогащения и гидрометаллургической переработки; Новейшие процессы обезвреживания цианидсодержащих хвостов

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Принципы отнесения руд благородных металлов к видам упорности	2
2	Расчет основных технико-экономических параметров схемы переработки золотосодержащей руды	2
3	Схема с применением процессов CIL/CIP при традиционном и бисерном измельчении	2
4	Основные технико-экономические параметры схемы переработки золотосодержащей руды с применением процесса разрушения руды в HPGR	1
5	Основные технико-экономических параметры схемы переработки золотосодержащей руды. Схема с применением процессов POX / LeachOx	2
6	Расчет сорбционных колонн и установки десорбции при сорбционном извлечении золота из растворов на активированный уголь	3
7	Определение расхода воздуха для биоокисления пиритного концентрата	1

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание реферата	22
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	12
3	Подготовка к зачёту	20
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	15

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия. Деловая игра.

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

Прогрессивные технологии производства благородных металлов : метод. указания к практическим занятиям / сост. А.В. Аксенов. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

В ходе обучения студенты изучают материал по темам с использованием основной и вспомогательной литературы

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 3 | Решение задач

Описание процедуры.

По данной тематике обучающимся выдается шаблон задачи и индивидуальное задание (согласно варианту по списку в группе) для самостоятельного ее решения (пример расчета приведен в методических указаниях (см. п. 5.1.1)).

В конце семестра обучающийся сдает преподавателю выполненное задание.

Критерии оценивания.

Правильность решения задач.

6.1.2 семестр 3 | Доклад

Описание процедуры.

получить задание у преподавателя, подготовить доклад, выступить перед аудиторией (студенческой группой). Ответить на вопросы.

Критерии оценивания.

Содержательный доклад, правильные и полные ответы на вопросы.

6.1.3 семестр 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный ответ на вопросы преподавателя по теме

Критерии оценивания.

Правильный и содержательный ответ на вопрос 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
ПК-4.1	Знает основные причины нарушения работы технологических процессов, влияющие на эффективность работы предприятия, производящего благородные металлы, а также диапазоны их оптимальных значений; способен разрабатывать и предлагать предложения по совершенствованию технологических процессов в области получения благородных металлов.	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета
ПК-8.1	Правильность решения задач. Демонстрирует знания принципов рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии благородных металлов	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится путем устного собеседования по вопросам экзаменационного билета. Для успешной сдачи экзамена обучающемуся заранее выдаются контрольные вопросы

Пример задания:

1. Какие руды благородных металлов принято называть упорными? Критерии отнесения руд к разряду упорных.
2. В чем состоит принципиальное отличие сырья, подготовленного традиционным способом и путем разрушения в HPGR? Существующие альтернативы HPGR.
3. Определить рациональную схему переработки серебросодержащей руды, в которой серебро представлено в виде акантита, распределенного в оксидах и гидроксидах железа и марганца.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
---------	--------	-----------------------	---------------------

Знает основные причины нарушения работы технологических процессов, влияющие на эффективность работы предприятия, производящего благородные металлы, а также диапазоны их оптимальных значений; способен разрабатывать и предлагать предложения по совершенствованию технологических процессов в области получения благородных металлов. Демонстрирует знания принципов рационального природопользования и умения их применять для энерго- и ресурсосбережения	Знает основные причины нарушения работы технологических процессов, влияющие на эффективность работы предприятия, производящего благородные металлы, а также диапазоны их оптимальных значений; частично способен разрабатывать и предлагать предложения по совершенствованию технологических процессов в области получения благородных металлов. Частично демонстрирует знания принципов рационального природопользования и умения их применять для энерго- и ресурсосбережения	Имеет частичное представление об основных причинах нарушения работы технологических процессов, влияющие на эффективность работы предприятия, производящего благородные металлы, а также диапазоны их оптимальных значений; не способен разрабатывать и предлагать предложения по совершенствованию технологических процессов в области получения благородных металлов. Не демонстрирует знания принципов рационального природопользования и умения их применять	Не знает основные причины нарушения работы технологических процессов, влияющие на эффективность работы предприятия, производящего благородные металлы, а также диапазоны их оптимальных значений; не способен разрабатывать и предлагать предложения по совершенствованию технологических процессов в области получения благородных металлов. Не демонстрирует знания принципов рационального природопользования и умения их применять для энерго- и ресурсосбережения
--	--	--	---

7 Основная учебная литература

1. Процессы и аппараты цветной металлургии : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" и специальности "Металлургия цв. металлов" / Под ред. С. С. Набойченко, 1997. - 655.
 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.
- [Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-2192.pdf>

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.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-2121.pdf>

4. Вольдман Григорий Маркович. Теория гидрометаллургических процессов : учеб. для вузов по спец. "Физ.-хим. исслед. металлург. процессов" / Г. М. Вольдман, А. Н. Зеликман, 1993. - 399.

5. Седых В. И. Металлургия серебра в России : учеб. пособие для вузов по специальности 150102 (110200) "Металлургия цв. металлов" / В. И. Седых, И. А. Жучков, 2005. - 149.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-35838.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Масленицкий И. Н. Металлургия благородных металлов : учебник / И. Н. Масленицкий, Л. В. Чугаев, 1972. - 367.

2. Котляр. Металлургия благородных металлов [Текст] : учебник для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Металлургия" : в 2 кн. Кн. 1, 2005. - 431.

3. Котляр. Металлургия благородных металлов [Текст] : учебник для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Металлургия" : в 2 кн. Кн. 2, 2005. - 391.

4. Захаров Б. А. Золото: упорные руды / Б. А. Захаров, М. А. Меретуков, 2013. - 450.

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 Professional 8 Russian

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Экран Projecta SlimScreen настенный
2. Проектор EPSON EB