

**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**  
**«МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

Направление: 22.03.02 Metallургия

Металлургия цветных, редких и благородных металлов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью  
Составитель программы: Немчинова Нина Владимировна  
Дата подписания: 08.05.2026

Документ подписан простой электронной подписью  
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина Владимировна  
Дата подписания: 08.05.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

### 1.1 Дисциплина «Металлургические технологии» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-1 Способность решать задачи в области профессиональной деятельности, применяя методы математического анализа и естественнонаучные знания	ОПК ОС-1.6
ОПК ОС-11 Способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными документами металлургической отрасли	ОПК ОС-11.10, ОПК ОС-11.11, ОПК ОС-11.2, ОПК ОС-11.4, ОПК ОС-11.7, ОПК ОС-11.9
ОПК ОС-3 Способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования технологических процессов	ОПК ОС-3.4
ОПК ОС-7 Способность проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК ОС-7.5, ОПК ОС-7.7
ОПК ОС-9 Способность принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные металлургические технологии	ОПК ОС-9.1, ОПК ОС-9.2, ОПК ОС-9.3, ОПК ОС-9.5, ОПК ОС-9.6, ОПК ОС-9.7

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

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-1.6	Применяет основные математические методы при расчете рационального состава минерального сырья	<b>Знать</b> <b>Уметь</b> <b>Владеть</b>
ОПК ОС-11.10	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с производством ферросплавов, в соответствии с действующими нормативными документами	<b>Знать</b> техническую документацию, связанную с производством ферросплавов, в соответствии с действующими нормативными документами. <b>Уметь</b> анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с производством ферросплавов, в соответствии с действующими нормативными документами. <b>Владеть</b> навыками применения технической документации, связанной с производством ферросплавов

ОПК ОС-11.11	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с основными технологическими процессами в области биометаллургии цветных металлов, в соответствии с действующими нормативными документами	<p><b>Знать</b> техническую документацию, связанную с основными технологическими процессами в области биометаллургии цветных металлов.</p> <p><b>Уметь</b> анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с технологическими процессами в области биометаллургии цветных металлов.</p> <p><b>Владеть</b> методами анализа технологических процессов</p>
ОПК ОС-11.2	Способен анализировать техническую документацию, связанную с основными технологическими процессами в области металлургии, в соответствии с действующими нормативными документами	<p><b>Знать</b> методы анализа технической документации, связанной с основными технологическими процессами в области металлургии, в соответствии с действующими нормативными документами</p> <p><b>Уметь</b> анализировать техническую документацию, связанную с основными технологическими процессами в области металлургии, в соответствии с действующими нормативными документами.</p> <p><b>Владеть</b> навыками анализа технической документации, связанной с основными технологическими процессами в области металлургии, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>
ОПК ОС-11.4	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с металлообработкой, в соответствии с действующими нормативными документами	<p><b>Знать</b> нормативные показатели получения и рафинирования металлов, термо- и металлообработки.</p> <p><b>Уметь</b> анализировать техническую документацию, связанную с получением и рафинированием металлов, термо- и металлообработкой.</p> <p><b>Владеть</b> навыками анализа технической документации технологий, связанных с получением и рафинированием металлов, термо- и металлообработкой.</p>
ОПК ОС-11.7	Способен анализировать, составлять и применять	<b>Знать</b> техническую документацию, связанную с

	<p>техническую документацию, связанную с основными гидрометаллургическими процессами, в соответствии с действующими нормативными документами</p>	<p>гидрометаллургическим производством цветных металлов.  <b>Уметь</b> анализировать техническую документацию, связанную с основными гидрометаллургическими процессами,  <b>Владеть</b> навыками анализа технической документации</p>
ОПК ОС-11.9	<p>Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с литейными процессами, в соответствии с действующими нормативными документами</p>	<p><b>Знать</b> параметры литья, оборудование и основные нормативные показатели литейных процессов в металлургии цветных металлов.  <b>Уметь</b> анализировать техническую документацию, связанную с литейными процессами.  <b>Владеть</b> навыками анализа технической документации по литью цветных металлов.</p>
ОПК ОС-3.4	<p>Применяет знания моделирования для решения практических задач в металлургии</p>	<p><b>Знать</b> виды моделирования, используемые для изучения основных металлургических процессов  <b>Уметь</b> применять знания моделирования на практике при изучении металлургических процессов и анализировать полученные результаты моделирования  <b>Владеть</b> навыками практического применения моделирования металлургических процессов (на примере литья в алюминиевом производстве)</p>
ОПК ОС-7.5	<p>Демонстрирует способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных металлургических процессов</p>	<p><b>Знать</b> методы обработки и представления экспериментальных данных.  <b>Уметь</b> обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных металлургических процессов и свойств технологических материалов.  <b>Владеть</b> навыками обработки и представления экспериментальных данных, полученных при практическом изучении основных металлургических процессов и свойств материалов.</p>

ОПК ОС-7.7	Демонстрирует способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных гидрометаллургических процессов	<p><b>Знать</b> методы обработки и представления экспериментальных данных, полученных при практическом изучении основных гидрометаллургических процессов.</p> <p><b>Уметь</b> обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных гидрометаллургических процессов.</p> <p><b>Владеть</b> навыками обработки и представления экспериментальных данных, полученных при практическом изучении основных гидрометаллургических процессов.</p>
ОПК ОС-9.1	Демонстрирует знания основ металлургической переработки минерального и техногенного сырья	<p><b>Знать</b> основы металлургической переработки минерального и техногенного сырья.</p> <p><b>Уметь</b> систематизировать знания основ металлургической переработки минерального и техногенного сырья.</p> <p><b>Владеть</b> навыками практического применения основ металлургической переработки минерального и техногенного сырья</p>
ОПК ОС-9.2	Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии при получении и обработке металлов	<p><b>Знать</b> физико-химические процессы, протекающие при производстве и рафинировании цветных металлов, при получении заготовок и изделий различными методами, при термической и термохимической обработках деталей.</p> <p><b>Уметь</b> рассчитывать практические задачи технологических процессов производства цветных металлов и изделий из них.</p> <p><b>Владеть</b> методами анализа технологических процессов и их влияния на качество получаемой продукции.</p>
ОПК ОС-9.3	Демонстрирует способность выбирать обоснованные технические решения при осуществлении гидрометаллургических процессов	<p><b>Знать</b> гидрометаллургические способы получения цветных металлов, виды выщелачивания, способы осаждения металлов из растворов</p> <p><b>Уметь</b> осуществлять и корректировать гидрометаллургические процессы</p>

		<p>получения цветных металлов, составлять металлургические балансы</p> <p><b>Владеть</b> навыками анализа и корректировки гидрометаллургических процессов производства цветных металлов</p>
ОПК ОС-9.5	<p>Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии в литейном производстве</p>	<p><b>Знать</b> процессы (термические, фазовые), протекающие при производстве цветных металлов методом литья</p> <p><b>Уметь</b> анализировать фазовые превращения при нагревании и охлаждении сплавов</p> <p><b>Владеть</b> навыками выбора эффективных и безопасных технологий в литейном производстве</p>
ОПК ОС-9.6	<p>Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии в ферросплавном производстве</p>	<p><b>Знать</b> основные параметры, оказывающих влияние на эффективность и безопасность производства ферросплавов и диапазоны их оптимальных значений.</p> <p><b>Уметь</b> применять полученные знания об условиях протекания технологических процессов получения ферросплавов для обеспечения правильного ведения технологического процесса.</p> <p><b>Владеть</b> методами корректировки технологических процессов получения ферросплавов</p>
ОПК ОС-9.7	<p>Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии в биометаллургии цветных металлов</p>	<p><b>Знать</b> основные параметры, оказывающие влияние на эффективность процесса бактериального выщелачивания и диапазоны их оптимальных значений; – основные причины нарушений работы технологических процессов биовыщелачивания и биоокисления выщелачивания; – способы регулирования процесса биовыщелачивания</p> <p><b>Уметь</b> применять полученные знания об условиях протекания процесса биовыщелачивания для обеспечения правильного ведения технологического процесса</p> <p><b>Владеть</b> навыками корректировки</p>

		технологических процессов биовыщелачивания и биоокисления в случаях нарушения технологии производства.
--	--	--

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Металлургические технологии» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Аналитическая и физическая химия», «История развития металлургии в России», «Математика», «Физика», «Химия», «Информационные технологии»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Металлургия благородных металлов», «Металлургия легких металлов», «Металлургия редких металлов», «Металлургия тяжелых цветных металлов», «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика», «Производственная практика: преддипломная практика», «Производство благородных металлов и проектирование цехов», «Производство алюминия и магния и проектирование цехов», «Производство кремния и проектирование цехов»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 18 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)						
	Всего	Семестр № 3	Семестр № 4	Семестр № 5	Семестр № 6	Семестр № 7	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины	648	144	144	72	144	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	318	64	64	48	64	48	30
лекции	164	32	32	16	32	32	20
лабораторные работы	48	0	0	16	16	0	0
практические/семинарские занятия	106	32	32	16	16	16	10
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	258	80	80	24	44	24	42

)								
Трудоемкость промежуточной аттестации	72	36	0	0	36	0	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет с оценкой, Зачет, Экзамен, Экзамен, Курсовая работа	Экзамен, Курсовая работа	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой	Экзамен	Зачет	Зачет	Зачет

#### 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	Введение в специальность. Металлы и их свойства. Производство металлов. Определение и направления металлургии.	1, 2	11	1, 2, 3	8	1, 2, 4	14	2, 3, 4, 5	31	Отчет по лабораторной работе, Устный опрос
2	Подготовка сырья к металлургической переработке.	3	3			3	2	1	1	Решение задач, Тест
3	Гидрометаллургические процессы получения металлов.	4	7	4	4			1, 3, 5	6	Тест
4	Пирометаллургические процессы получения металлов.	5	7	5	4			1, 3, 5	6	Отчет по лабораторной работе, Тест
5	Виды рафинирования металлов.	6	4							
	Промежуточная								36	Экзамен,

	аттестация									Курсовая работа
	Всего		32		16		16		80	

#### Семестр № 4

№ 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	Основы производства и рафинирования металлов	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	20			1	4	3, 4	10	Тест, Решение задач
2	Обработка металлов	9, 10, 11, 12	12					1, 2, 4, 5, 6	70	Реферат
	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой
	Всего		32				4		80	

#### Семестр № 5

№ 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	Понятие гидрометаллургия . Выщелачивание	1	4	1, 2, 4, 5	10	1, 2, 8	6	1, 2, 3, 4, 5, 6	16	Устный опрос
2	Кристаллизация. Производство глинозема из бокситов	2	2			3	2	4	1	Тест, Решение задач
3	Гидрометаллургические методы извлечения золота	3	4			4	2	4	1	Тест
4	Гидрометаллургия цинка, меди и никеля	4	2	3	2	5	2	4, 5	2	Тест
5	Ионный обмен и экстракция в гидрометаллургии	5	2	6	4	6	2	4, 5	3	
6	Аппараты в процессах гидрометаллургического производства.	6	2			7	2	4	1	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой
	Всего		16		16		16		24	

#### Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы	Виды контактной работы			СРС	Форма текущего
		Лекции	ЛР	ПЗ(СЕМ)		

	<b>дисциплины</b>	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	<b>контроля</b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Физико-химические основы литейных процессов.	1	8							Тест
2	Физико-химические основы и особенности плавки алюминиевых сплавов	2	8			1	6	3	6	Отчет по лабораторной работе
3	Оборудование и технологии литейного производства	3, 4	16	1	16	2, 3	10	1, 2, 3, 4	38	Тест
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		16		16		80	

### 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 биотехнологии цветных металлов.	1	4			2, 2	8	1, 2, 3	20	
2	Теоретические основы бактериального окисления сульфидов.	2	6							Устный опрос
3	Технология бактериального окисления.	3	8			3, 4, 5	8	3	4	Устный опрос
4	Кучное бактериальное окисление.	4	6							
5	Экономические аспекты бактериального окисления.	5	8							Реферат
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32				16		24	

### Семестр № 8

№ 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	Введение. Классификация и назначение ферросплавов.	1	2			3, 4	4	1	4	
2	Физико-химические основы реакций ферросплавного производства. Классификация ферросплавных процессов. Ферросплавные печи конструкции ферросплавных печей.	2, 3, 4	10					3, 4, 5	28	Доклад
4	Сплавы железа с кремнием и хромом.	5, 6	8			1, 2	6	2, 5	10	Решение задач
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		20				10		42	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение в специальность. Металлы и их свойства. Производство металлов. Определение и направления металлургии.	Место дисциплины при общеинженерной подготовке бакалавров, связь дисциплины с другими фундаментальными науками. Определение и свойства металлов. Классификация металлов. Формы нахождения металлов в природе. Понятие руда и месторождение. Тяжелые цветные металлы. Легкие цветные металлы. Благородные металлы. Редкие металлы. Черные металлы и кремний. Способы производства металлов. Черная и цветная металлургия. Современные направления развития металлургических производств
2	Подготовка сырья к металлургической переработке.	Месторождения руд цветных металлов. Добыча минерального сырья. Процессы рудоподготовки. Процессы обогащения руд
3	Гидрометаллургические процессы получения металлов.	Выщелачивание металлов. Процессы разделения твёрдой и жидкой фаз пульпы. Способы концентрирования металлов и очистки растворов.
4	Пирометаллургические процессы получения металлов.	Обжиг. Плавка.
5	Виды рафинирования металлов.	Способы повышения чистоты металлов и улучшения их физико-химических свойств в металлургии.

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Основы производства и рафинирования металлов	Рудоподготовка. Назначение флотации; машины и аппараты. Виды основных и вспомогательных пирометаллургических операций (прокалка, обжиг, плавка, металлотермия), основное оборудование. Рафинирование металлов. Комплексная переработка отходящих газов.
2	Обработка металлов	Термическая обработка металлов: назначение и виды (отжиг, закалка, отпуск, нормализация, старение, снятие напряжений, цементация). Порошковая металлургия. Нормативные показатели основных технологических процессов в области гидро-, пирометаллургии. Назначение методов металлообработки: механическая и термическая обработка, лазерная резка, сварка, ковка и штамповка. Техническая документация при термо- и металлообработке.

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Понятие гидрометаллургия. Выщелачивание	Назначение и основные операции гидрометаллургического извлечения металлов. Практика выщелачивания металлов. Виды и способы выщелачивания. Методы интенсификации процессов выщелачивания
2	Кристаллизация. Производство глинозема из бокситов	Фазовые переходы. Способ Байера. Строение и природа щелочно-алюминатных растворов. Кремнийсодержащие минералы боксита и их поведение при выщелачивании .
3	Гидрометаллургические методы извлечения золота	Цианирование, десорбция, электролиз.
4	Гидрометаллургия цинка, меди и никеля	Выщелачивание цинкового огарка, гидролитическая и цементационная очистка раствора. Процесс электроосаждения цинка Гидрометаллургические схемы переработки медного и никелевого сырья
5	Ионный обмен и экстракция в гидрометаллургии	Ионный обмен. Кинетика. Элюирование и регенерация. Экстракция. Расчет числа теоретических ступеней. Типы экстракторов
6	Аппараты в процессах гидрометаллургического производства.	Сгустители периодического и непрерывного действия. Дисковые вакуумные и пресс-фильтра. Сорбционные колонны и пачуки

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Физико-химические основы литейных процессов.	Классификация алюминиевых сплавов по химическому составу и назначению. Литейные свойства и характеристики алюминиевых сплавов. Строение и свойства алюминиевых сплавов в литом состоянии.
2	Физико-химические основы и особенности плавки алюминиевых сплавов	Общие представления. Особенности плавки литейных и деформируемых сплавов.
3	Оборудование и технологии литейного производства	Миксера алюминиевого производства. Производство алюминиевой чушки. Производство катанки алюминиевой. Производство крупногабаритных слитков.

### Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Общие сведения о биотехнологии цветных металлов.	Описание целей и задач дисциплины. Роль биотехнологии в производстве цветных металлов. Основные области применения биотехнологических процессов. Систематизация микроорганизмов.
2	Теоретические основы бактериального окисления сульфидов.	Механизм бактериального окисления. Стадии окисления, продукты окисления их свойства и значение для последующих металлургических процессов. Кинетика бактериального окисления
3	Технология бактериального окисления.	Чановое бактериальное окисление. Описание технологической схемы, режимов, аппаратуры для окисления. Биологические и технологические параметры бактериального окисления. Практика применения агитационного бактериального выщелачивания
4	Кучное бактериальное окисление.	Кучное бактериальное окисление. Способы реализации процесса, условия успешного применения. Практика применения кучного бактериального выщелачивания.
5	Экономические аспекты бактериального окисления.	Сопоставление экономических параметров технологии бактериального окисления и выщелачивания с альтернативными технологиями. Основные показатели процесса.

### Семестр № 8

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение.	В металлургии и ряде других отраслей техники

	<p>Классификация и назначение ферросплавов.</p>	<p>используют ферросплавы, а также технически чистые металлы для раскисления и легирования стали, получения легированного чугуна и различных сплавов. Ферросплавами называют сплавы железа с различными элементами Периодической системы элементов Д.И. Менделеева - марганцем, кремнием, хромом, вольфрамом, молибденом и другими. Кроме основных элементов в состав ферросплавов входят также некоторые примеси - углерод, кремний, фосфор, сера, газы и др. Некоторые из этих примесей оказывают вредное влияние на свойства самого ферросплава или на свойства стали, для которой ферросплав применяется, поэтому их содержание ограничивается.</p>
2	<p>Физико-химические основы реакций ферросплавного производства. Классификация ферросплавных процессов. Ферросплавные печи конструкции ферросплавных печей.</p>	<p>Химические реакции, а также различные физические процессы совершаются в направлении установления равновесия. Если известно состояние системы в условиях равновесия, а также влияние различных параметров на изменение состояния равновесия, то можно предвидеть, в каком направлении пойдет реакция и как надо изменить внешние условия, чтобы направить реакцию в необходимом направлении. Состояние системы в условиях равновесия при различных внешних условиях обычно определяется экспериментальным путем. Однако эксперименты, проведение которых необходимо для определения условий равновесия металлургических реакций, очень сложны и не всегда выполнимы. Это особенно относится к реакциям ферросплавного производства. Во многих случаях отсутствуют данные, характеризующие равновесие этих реакций. В подобных случаях необходимо найти косвенные пути, позволяющие выяснить условия равновесия соответствующих реакций. В этом отношении весьма важным является термодинамический метод, позволяющий установить основные критерии, которые характеризуют равновесие химических реакций и различных физических процессов при помощи термодинамических данных, без проведения экспериментов по прямому изучению равновесия этих реакций или процессов. Для производства ферросплавов характерно многообразие применяемых технологических приемов. Это вызвано различием физико-химических свойств элементов, входящих в состав сплавов или получаемых в технически чистом виде. Наиболее важными факторами, определяющими выбор</p>

		<p>способа и технологии, являются химический состав ферросплава. Ферросплавные печи могут быть: по назначению — восстановительными или рафинировочными; по конструкции — открытыми, полузакрытыми и герметизированными, которые часто объединяют общим названием — закрытые печи с дожиганием газа под сводом; по виду ванны — со стационарными и с вращающимися ваннами; по форме ванны печи — круглые, прямоугольные, треугольные и овальные; по способу выдачи из печи сплава и шлака — неподвижные, наклоняющиеся (быстро и удобно выпускать сплав) и печи с выкатными ваннами.</p>
4	Сплавы железа с кремнием и хромом.	<p>Ферросилиций применяется для раскисления всех спокойных сортов стали, а также для легирования ряда марок конструкционной и трансформаторной стали. Низкокремнистые сорта ферросилиция применяются для предварительного раскисления стали в печи, высококремнистые - для раскисления и легирования стали в печи и в ковше, для раскисления шлака при электроплавке стали, а также при производстве.</p> <p>Феррохром применяется для легирования конструкционных, нержавеющей, шарикоподшипниковых и некоторых других сортов стали. При выплавке высокохромистой и низкоуглеродистой стали применяют феррохром с низким содержанием углерода; особенно низкое содержание углерода необходимо в феррохроме, применяемом для легирования низкоуглеродистых нержавеющей сталей. При выплавке других сортов стали можно применять феррохром со средним содержанием углерода, а при выплавке некоторых высокоуглеродистых сортов стали - также и высокоуглеродистый феррохром. Содержание кремния в феррохроме также может быть различным в зависимости от его назначения. Поэтому ферросплавная промышленность производит большое число марок феррохрома, различающихся главным образом по содержанию углерода и фосфора.</p>

### 4.3 Перечень лабораторных работ

#### Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Изучение твердости материалов	2

2	Изучение микроструктуры материалов	4
3	Получение слитков цветных металлов	2
4	Выщелачивание окисленной медной руды	4
5	Окислительный обжиг сульфидных медных концентратов	4

#### Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение основных физических характеристик руд	2
2	Выщелачивание меди из оксидов методом агитации.	2
3	Осаждение меди цементацией	2
4	Определение скорости сгущения при использовании флокулянтов	2
5	Определение растворимости различных веществ при комнатной температуре	4
6	Выбор оптимальной ионно-обменной смолы	4

#### Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Моделирование литейных процессов в системе ProCast	16

### 4.4 Перечень практических занятий

#### Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Введение. Решение занимательных металлургических задач, не требующих особых знаний по металлургии	2
2	Расчет рационального состава полиметаллической руды	6
3	Решение практических задач по рудоподготовке и обогащению минерального сырья	2
4	Примеры расчетов по металлургической переработке сырья и решение задач.	6

#### Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет минералогического состава цинкового концентрата	4
2	Расчеты по металлургии тяжелых цветных металлов	6

3	Расчеты по оборудованию пирометаллургических процессов	8
4	Расчеты по рафинированию металлов	12
5	Расчет материального баланса окислительного рафинирования кремния	2

#### Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Способы выражения концентраций растворов	2
2	Расчеты по электролитическому выделению металлов из раствора	2
3	Расчеты при производстве глинозема из бокситов	2
4	Расчеты по извлечению золота из руды	2
5	Определение параметров и расчеты при гидрометаллургическом производстве меди, никеля и цинка	2
6	Расчеты параметров экстракции, элюирования и регенерации	2
7	Определение основных характеристик аппаратуры, производственных ресурсов	2
8	Контрольная работа по решению задач по курсу	2

#### Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Дефекты при производстве продукции из алюминия и алюминиевых сплавов. Рафинирование алюминиевых расплавов.	6
2	Литье алюминиевой чушки. Производство алюминиевой катанки	4
3	Устройство и эксплуатация машины полунепрерывного литья слитков	6

#### Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
2	Расчет процесса цианирования золотосодержащих материалов	4
2	Расчет рационального состава. Расчеты основных показателей металлургических процессов	4
3	Определение расхода воздуха для биоокисления пиритного и арсенопиритного концентрата	4
4	Расчет требуемой продолжительности бактериального окисления	2
5	Расчет расхода извести на операцию кондиционирования пульпы после	2

	биоокисления	
--	--------------	--

#### Семестр № 8

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет шихты для плавки 75%-ного ферросилиция	4
2	Расчет шихты для плавки рафинированного феррохрома	2
3	Расчет шихты для плавки среднеуглеродистого ферромарганца	2
4	Расчет шихты для плавки углеродистого ферромарганца бесфлюсовым методом	2

#### 4.5 Самостоятельная работа

#### Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов в дистанционном режиме	5
2	Написание курсового проекта (работы)	15
3	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	8
4	Подготовка к практическим занятиям	8
5	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	8

#### Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	4
2	Написание реферата	18
3	Подготовка к зачёту	6
4	Подготовка к практическим занятиям	32
5	Проработка разделов теоретического материала	8
6	Решение специальных задач	12

#### Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов в дистанционном режиме	2
2	Подготовка к зачёту	2
3	Подготовка к контрольным работам	2
4	Подготовка к практическим занятиям	8
5	Подготовка к практическим занятиям	8

	(лабораторным работам)	
6	Решение специальных задач	2

#### Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов в дистанционном режиме	6
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	8
3	Подготовка к практическим занятиям	16
4	Проработка разделов теоретического материала	14

#### Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание реферата	10
2	Подготовка к зачёту	6
3	Подготовка к практическим занятиям	8

#### Семестр № 8

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	4
2	Подготовка к практическим занятиям	4
3	Подготовка презентаций	10
4	Проработка разделов теоретического материала	12
5	Решение специальных задач	12

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

### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

#### 5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

##### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Металлургические технологии : методические указания для студентов / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т ; сост. Н. В. Немчинова, А.А. Васильев. А.А. Тютрин. — Иркутск : ИРНИТУ, 2015. — 18 с.

##### 5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

- 1.Металлургические технологии : методические указания для практической работы: по направлению подготовки бакалавров 22.03.02 "Металлургия" очной и заочной форм обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т; сост. А. А. Васильев. Разд. 1, 2017. - 18.
- 2.Металлургические технологии : методические указания по выполнению практических работ по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия» / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т ; сост.: А. А. Тютрин, А. В. Никаноров. — Иркутск : ИРНИТУ, 2018. — 11 с.

3. Теория и технология ферросплавов: метод. указания к практическим занятиям / сост. Гамаюнов И.Г.. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018.
4. Биотехнология цветных металлов : метод. указания к практич. занятиям / составители: Т.С. Минеева, А.В. Аксенов, А.В. Чубаров. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2012. – 45 с.
5. Металлургические технологии. Литейное производство цветных металлов : методические указания к практическим занятиям для студентов очного и заочно-вечернего обучения / Иркут. гос. техн. ун-т ; сост. А. В. Никаноров. — Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2012. — 34 с.
6. Рафинирование цветных металлов и кремния : методические указания к практическим занятиям для бакалавров / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 44.

### **5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:**

1. Металлургические технологии (литейное производство) : методические указания для лабораторных работ студентов по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»: профиль подготовки «Металлургия цветных, редких и благородных металлов» / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т ; сост. А. В. Никаноров. — Иркутск : ИРНИТУ, 2017. — 17 с.
2. Металлургические технологии : методические указания по выполнению лабораторных работ по направлению подготовки бакалавров «Металлургия» очной и заочной формы обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т ; сост. В. В. Жмурова. — Иркутск : ИРНИТУ, 2018. — 12 с.

### **5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

#### 1. 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 (4 семестр):

1. Основные операции технологического процесса изготовления изделий методом порошковой металлургии
2. Композитные порошковые материалы
3. Методы получения порошков металлов, их формирования и процесс спекания
4. Физико-механические основы обработки металлов давлением
5. Нагрев металла для обработки давлением и нагревательные устройства
6. Прокатное производство
7. Производство распространенных видов проката
8. Производство бесшовных и сварных труб
9. Производство специальных видов проката
10. Волочение
11. Прессование
12. Разделительные операции листовой штамповки
13. Формоизменяющие операции листовой штамповки
14. Оборудование и инструмент для листовой штамповки
15. Другие способы листовой штамповки

Примерная тематика рефератов (7 семестр)

1. Микроскопические грибы – эффективные поглотители золота.
2. Использование соединений биогенного происхождения в процессах извлечения золота.

3. Золоторастворяющие культуры микроорганизмов.
4. Комплексообразование металлов с аминокислотами.
5. Физико-химические основы поглощения растворенного и коллоидного золота микроорганизмами.
6. Возможности биологической очистки отработанных растворов.
7. Обзор мировой практики кучного бактериального выщелачивания меди;
8. Перспектива применения кучного бактериального выщелачивания в условиях российского климата.

## 2. 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.

## 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 разделам (темам) по каждому разделу дисциплины "Металлургические технологии".

При подготовке к тесту обучающемуся необходимо проработать теоретический материал дисциплины, конспект лекций.

### 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.

#### 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. Проработка разделов теоретического материала

##### Цель работы

Приобрести опыт самостоятельной работы, развить базу теоретических знаний по направлению дисциплины.

##### Задание на СРС

Данный вид СРС предполагает самостоятельное изучение информационных источников с использованием перечня рекомендуемой литературы и информационных ресурсов.

##### Рекомендации по выполнению задания

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 направлению дисциплины.

##### Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

В течение семестра обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

##### Критерии оценки качества выполнения работы

Проверка уровня сформированности компетенции в виде индивидуального устного собеседования по одному из теоретических вопросов зачета ИЛИ экзамена

#### 7. Подготовка презентаций (как результат проработки теоретических разделов дисциплины, доклад по презентации)

обучающиеся готовят презентацию по выбранной теме (допускается подготовка 1 презентации двумя-четырьмя обучающимися) и делают доклад.

##### Тематика презентаций:

1. Общая характеристика ферросплавов и их назначение
2. Производство сплавов кремния
3. Производство сплавов марганца и марганца
4. Производство сплавов хрома и хрома
5. Производство ферровольфрама
6. Производство ферромolibдена

7. Производство ферротитана
  8. Производство феррованадия
  9. Производство сплавов с цирконием
  10. Производство сплавов редких металлов
  11. Экономика и организация производства ферросплавов
  12. Планировка ферросплавных цехов и техника безопасности
- Критерий оценивания: полнота раскрытия темы, оформление, ответы на вопросы аудитории.

#### 8. Решение специальных задач

##### Цель

Проверить усвоение методики расчетов (балансов, расхода реагентов и т.п.) как способность выполнять необходимые расчеты в металлургических процессах.

##### Задание на СРС

Обучающийся после практических занятий по тематике задач самостоятельно решает свой вариант задачи и сдает преподавателю в течение семестра на проверку.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов

Задача решается по отдельности, оформляется как обычный текстовый документ в рукописной или компьютерной форме.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Самостоятельно выполненные задачи (по отдельным темам) сдаются преподавателю на проверку после разбора ее темы на практическом занятии.

#### 9. Подготовка к зачету

##### Цель

Проверка сформированности компетенций в период изучения дисциплины.

##### Задание на СРС.

Обучающийся получает для подготовки перечень вопросов к зачету по тематике дисциплины с учетом проверки сформированности компетенций.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов

Зачет проводится в виде устного собеседования по вопросам, вынесенным на зачет.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Подготовка к зачету осуществляется на зачетной неделе.

1. Металлургические технологии : методические указания для самостоятельной работы: по направлению подготовки бакалавров 22.03.02 "Металлургия" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т; сост. А. А. Васильев. Разд. 1, 2017. - 22.

2. Металлургические технологии (литейное производство) : методические указания для самостоятельной работы студентов по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»: профиль подготовки «Металлургия цветных, редких и благородных металлов» / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т ; сост. А. В. Никаноров. — Иркутск : ИРНИТУ, 2017. — 10 с.

### **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 | Отчет по лабораторной работе**

##### **Описание процедуры.**

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. 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.
3. 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».
4. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.  
Пример контрольных вопросов к защите лабораторной работы "Окислительный обжиг сульфидных медных концентратов":
  1. Цель окислительного обжига медных концентратов.
  2. Десульфуризация при обжиге.
  3. Назовите основные химические реакции при окислительном обжиге медных концентратов.
  4. Температура обжига и температура воспламенения сульфидов.
  5. Условия проведения обжига.
  6. Устройство многоподовой печи и печи кипящего слоя.
  7. Результаты эксперимента.

### **Критерии оценивания.**

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам.

### **6.1.2 семестр 3 | Решение задач**

#### **Описание процедуры.**

По данной тематике разделов дисциплины обучающимся после разбора примера решения задачи на практическом занятии выдается индивидуальное задание (согласно варианту по списку в группе) для самостоятельного выполнения задания..

В конце семестра обучающийся сдает преподавателю выполненное задание (допускается сдача выполненного задания в электронном виде)

### **Критерии оценивания.**

Правильность решения задачи

### **6.1.3 семестр 3 | Тест**

#### **Описание процедуры.**

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

Выбор правильного варианта из 2-4 предложенных.

Пример теста:

1. Какого способа выщелачивания не существует:

А) агитационное Б) флотационное В) перколяционное Г) автоклавное

2. Назовите самый распространенный способ выщелачивания цинксодержащего сырья:

А) агитационное противоточное выщелачивание

Б) кучное выщелачивание

В) бактериальное выщелачивание Г) кюветное выщелачивание

3. Назовите основной способ очистки медьсодержащих растворов: А) сорбция

Б) гидrolитическая очистка В) химическая очистка

Г) жидкостная экстракция

4. Какие металлы не получают методом кучного или подземного выщелачивания: А) золото

Б) медь В) свинец Г) уран

5. Назовите основной растворитель, используемый в гидрометаллургии для извлечения золота и серебра из минерального сырья:

А) «царская водка» Б) цианид натрия

В) гидроксид натрия Г) тиокарбамид

### **Критерии оценивания.**

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 50%.

### **6.1.4 семестр 3 | 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.

Пример задания:

1. Дайте определение металлам.

2. Назовите физические и химические свойства характерные для металлов.

3. Какие металлы относятся к «легким металлам»?

4. Какие металлы относятся к «тяжелым металлам»?

5. Какие металлы являются «благородными»?

6. Какие металлы относятся к «редким металлам»?

7. Назовите основные формы нахождения металлов в природе.

8. Дайте определение Кларка металла.

9. Что такое руда?

10. Что понимается под понятием месторождение?

11. Назовите основные промышленные минералы меди.

12. Назовите основные области применения меди.
13. Назовите основные минералы никеля.
14. Какова структура потребления никеля?
15. Назовите основные химические и физические свойства свинца.
16. Назовите основные минералы свинца.
17. Какова структура потребления свинца?
18. Назовите основные методы добычи полезных ископаемых.
19. Назначение процессов дробления и измельчения.
20. Дайте определение понятия степень дробления (измельчения).
21. Назовите основные способы обогащения полезных ископаемых.
22. Какие способы выщелачивания металлов вы знаете?
23. Назовите основные способы очистки металлосодержащих растворов.
24. Какие способы выделения металлов из растворов вы знаете?
25. Назовите основные виды обжига.
26. Какие продукты могут образовываться в процессе плавки?  
Назовите основные виды плавок.
28. На чем основаны способы автогенных плавок?
29. Назовите основные способы рафинирования металлов.

#### **Критерии оценивания.**

Полнота ответа на вопрос.

#### **6.1.5 семестр 4 | Решение задач**

##### **Описание процедуры.**

По данной тематике разделов дисциплины обучающимся после разбора примера решения задачи на практическом занятии выдается индивидуальное задание (согласно варианту по списку в группе) для самостоятельного выполнения задания..

В конце семестра обучающийся сдает преподавателю выполненное задание (допускается сдача выполненного задания в электронном виде)

#### **Критерии оценивания.**

Правильность решения задачи

#### **6.1.6 семестр 4 | Реферат**

##### **Описание процедуры.**

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение письменной работы (реферата) по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемых литературы и информационных ресурсов. В начале семестра обучающийся выбирает одну из предложенных тем для написания реферата (согласно порядковому номеру в списке группы). После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра студент должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду самостоятельной работы в виде реферата (текст реферата должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4, оформленный в соответствии с СТО.005-2020). Допускается сдача реферата преподавателю в электронном виде.

Темы рефератов приведены в методических указаниях по самостоятельной работе

студентов.

### **Критерии оценивания.**

Полнота раскрытия темы, предлагаемой для написания реферата; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления.

### **6.1.7 семестр 4 | Тест**

#### **Описание процедуры.**

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

Выбор правильного варианта из 2-4 предложенных.

Пример теста:

1. Что называется “элементом”?

а) Твердые вещества с определенной кристаллической решеткой. б) Совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.

в) Вещества, добываемые из земной коры.

2. Что называется “минералом”?

а) Твердые природные элементы и их природные химические соединения. б) Любые химические соединения.

в) Сложные природные химические соединения.

3. Какой химический элемент присутствует в земной коре в преобладающем количестве?

а) Алюминий б) Железо

в) Кислород.

4. Что называется “рудой”?

а) Любое природное скопление минералов.

б) Природный материал, добываемый из земной коры.

в) Материал такого месторождения полезных ископаемых, который экономически выгодно перерабатывать для извлечения ценных компонентов.

5. Какие элементы относятся к группе “металлов”? а) Имеющие высокую температуру плавления

б) Обладающие особым типом кристаллической решетки и высокими значениями электропроводности и теплопроводности .

6. Какие из перечисленных металлов относятся к “тяжелым”? а) Zn, Co, Ni

б) Au, Ag, Pt

в) Be, Ba, Mg .

7. Каково значение кларка для кремния? а) 50 %

б) 8,8 %

в) 29,5.

8. Каких минералов больше всего в земной коре? а) Сульфидов и сульфатов

б) Оксидов и гидроксидов

в) Силикатов и алюмосиликатов.

9. Каков максимальный диаметр кусков руды, поступающей на металлургическое предприятие при шахтном способе добычи полезного ископаемого?

а) 1500 мм

б) 75 мм

в) 300 мм >

10. Что называется “технологией”?

- а) Совокупность процессов переработки рудного сырья в орудия и средства производства и потребления
- б) Процессы с использованием механизации и автоматизации
- в) Способы вторичной переработки отвалов и другого техногенного сырья.

### **Критерии оценивания.**

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 50%.

### **6.1.8 семестр 5 | Решение задач**

#### **Описание процедуры.**

По данной тематике разделов дисциплины обучающимся после разбора примера решения задачи на практическом занятии выдается индивидуальное задание (согласно варианту по списку в группе) для самостоятельного выполнения задания..

В конце семестра обучающийся сдает преподавателю выполненное задание (допускается сдача выполненного задания в электронном виде)

Примеры:

1. Рассчитать выход цинка по току, если на катодах в течение 1 ч выделилось 18 кг цинка, а остальное количество электричества пошло на выделение водорода. Сила тока на электролизной ванне – 16000 А.
2. Рассчитать прибыль массы алюминиевого катода за счет осаждения на нем цинка при электролизе раствора сульфата цинка в течение 1 ч, если катодная плотность тока 400 А/м<sup>2</sup>, выход цинка по току 93 %, габариты катода: высота 860 мм, ширина 640 мм.
3. Рассчитать массу готового катода, вынимаемого из электролизной ванны, если масса катодной основы 5 кг, сила тока 15000А, выход меди по току 91,5 %, количество катодов в ванне 32 шт, продолжительность наращивания катода 36 ч.
4. Определить содержание твердого в 1л пульпы, поступающей на автоклавное выщелачивание, если Ж:Т в пульпе 5,5, плотность пульпы 1,56 г/ см<sup>3</sup>.
5. Найти кремниевый модуль боксита, содержащего 53,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 4,4% SiO<sub>2</sub>.
6. При 15°С 20%-ый раствор серной кислоты имеет плотность 1,145г/мл. Рассчитайте молярную, моляльную концентрации раствора и мольную долю серной кислоты
7. Во сколько раз возрастет скорость выщелачивания боксита при увеличении температуры с 110 до 160 оС. Соответствующие значения вязкости 1,2 и 0,7 сП, толщины диффузионного слоя 8 и 6 мкм; Снас = 120 г/дм<sup>3</sup> для обоих случаев. Площадь поверхности и диаметр частиц боксита одинаковы для обеих температур; С = 50 г/дм<sup>3</sup>, T = (273 + t) К.

### **Критерии оценивания.**

Правильность решения задачи

### **6.1.9 семестр 5 | Тест**

#### **Описание процедуры.**

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

Выбор правильного варианта из 2-4 предложенных.

Пример теста:

1. Рассчитать объем воды, который необходимо удалить при выпарке 1 м<sup>3</sup> маточного раствора для увеличения концентрации каустической щелочи с 180 до 300 г/дм<sup>3</sup>.

- а) 400 дм<sup>3</sup>
- б) 500 дм<sup>3</sup>
- в) 600 дм<sup>3</sup>

2. Во сколько раз повысится скорость сгущения красного шлама при подъеме температуры в сгустителе, в котором уменьшается вязкость с 1,6 до 1,3 сП и одновременно увеличивается разность плотностей с 1,5 до 1,7 г/дм<sup>3</sup>.

- а) 1,2 раза
- б) 1,4 раза
- в) 1,6 раза

3. Какой метод не используется для выделения примесей из раствора сульфата цинка:

- а) гидролитический б) цементационный в) электролитический
- г) пирометаллургический д) химический

4. На чем основано флотационное обогащение?

- а) На различной силе тяжести падающих минералов б) На различной растворимости минералов
- в) На различной величине смачиваемости поверхности минералов.

5. Что такое пачук?

- а) Отстойник-сгуститель
- б) Пневматический перемешиватель в) Центробежный экстрактор

### **Критерии оценивания.**

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 50%.

### **6.1.10 семестр 5 | 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.

Пример задания:

1. Какая операция в гидрометаллургическом производстве может быть признанной «как основная», дать определение и описание?
2. Вспомогательные операции в гидрометаллургии.
3. Основные технологические показатели процесса выщелачивания.
4. Как изменится извлечение металла с повышением температуры выщелачивания? На примере сульфидных, окисленных и смешанных руд.
5. Основные технологические показатели процесса выщелачивания.
6. Как изменится извлечение металла с повышением температуры выщелачивания? На примере сульфидных, окисленных и смешанных руд.
7. Влияние на извлечение металла в раствор при автоклавном выщелачивании

парциального давления газа.

8. Для какого вида технологического продукта целесообразно использовать воду как растворитель? Показать на примере одного из цветных металлов.

### **Критерии оценивания.**

Полнота ответа на вопрос.

### **6.1.11 семестр 6 | Тест**

#### **Описание процедуры.**

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

Выбор правильного варианта из 2-4 предложенных.

Пример теста:

В каких агрегатах осуществляется производство алюминиевой катанки:

А) разливочных конвейерах; Б) литейно-прокатных; В) прокатных станах.

2. К какой системе относятся сплавы называемые дуралюминами: А) Al – Mg – Si; Б) Al – Mg; В) Al – Cu – Mg.

3. Какой дефект поверхности слитка не возникает при литье мелкой алюминиевой чушки:

А) оксидные пленки; Б) окалина; В) трещины.

4. Назовите принцип нагрева и расплавления шихты в миксерах алюминиевого производства:

А) Лучистый; Б) Конвекция; В) Горение дуги; Г) Теплообмен.

5. Для чего используется бериллий при плавке алюминиевых сплавов:

А) снижение окисляемости поверхности расплава; Б) улучшение жидкотекучести расплава;

В) снижение температуры плавления расплава.

6. Назовите основную операцию удаления неметаллических примесей из расплава:

А) фильтрация; Б) продувка газами; В) обработка флюсами.

7. Какой газ обладает наибольшей растворимостью в расплавленном алюминии:

А) азот; Б) водород; В) кислород.

8. Какими цветными металлами осуществляется модифицирование деформируемых алюминиевых сплавов:

А) тугоплавкими; Б) редкоземельными; В) тяжелыми.

9. Каковы основные источники потерь алюминия при плавке: взаимодействие с футеровкой; Б) возгонка; В) окисление.

### **Критерии оценивания.**

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 50%.

### **6.1.12 семестр 6 | Отчет по лабораторной работе**

#### **Описание процедуры.**

Лабораторная работа предполагает моделирование литейных процессов с помощью компьютерной программы ProCast.

Цель работы: ознакомление с программным интерфейсом ProCast, а также получение начальных навыков работы в данной программе при моделировании литейного процесса заданной детали.

1. 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. Отчёт должен содержать название работы, изложение цели и задач работы, краткое теоретическое введение, описание интерфейса и краткое описание методики проведения работы, 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».
3. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала, хода выполнения работы.

#### **Критерии оценивания.**

Правильность оформления отчетов.

### **6.1.13 семестр 7 | Реферат**

#### **Описание процедуры.**

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение письменной работы (реферата) по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемых литературы и информационных ресурсов. В начале семестра обучающийся выбирает одну из предложенных тем для написания реферата (согласно порядковому номеру в списке группы). После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра студент должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду самостоятельной работы в виде реферата (текст реферата должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4, оформленный в соответствии с СТО.005-2020). Допускается сдача реферата преподавателю в электронном виде.

Темы рефератов приведены в методических указаниях по самостоятельной работе студентов.

#### **Критерии оценивания.**

Полнота раскрытия темы, предлагаемой для написания реферата; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления.

### **6.1.14 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.

Пример задания:

1. Для каких целей применяют процессы с участием бактерий в металлургии цветных металлов?
2. Основные физические факторы, определяющие кинетику бактериального окисления.
3. В металлургии каких металлов чановое бактериальное окисление нашло наибольшее применение?
4. Каковы особенности организации кучного бактериального окисления в российском климате?
5. Опишите механизм окисления сульфидных минералов бактериями.
6. Каковы условия осуществления чанового бактериального окисления?
7. В чем особенность подготовки продуктов бактериального окисления к извлечению из них золота цианированием?
8. Чем определяется экономическая эффективность применения бактериального окисления?
9. В каких странах бактериальное окисления получило наибольшую распространенность и почему?

#### **Критерии оценивания.**

Полнота ответа на вопрос.

### **6.1.15 семестр 8 | Решение задач**

#### **Описание процедуры.**

По данной тематике разделов дисциплины обучающимся после разбора примера решения задачи на практическом занятии выдается индивидуальное задание (согласно варианту по списку в группе) для самостоятельного выполнения задания..

В конце семестра обучающийся сдает преподавателю выполненное задание (допускается сдача выполненного задания в электронном виде)

#### **Критерии оценивания.**

Правильность решения задачи

### **6.1.16 семестр 8 | Доклад**

#### **Описание процедуры.**

По результатам проработки разделов теоретического материала обучающиеся готовят презентацию и выступают с докладом по ней. Допускается подготовка 1 презентации двумя-четырьмя обучающимися. Тематика презентаций приведена в методических указаниях по СРС.

#### **Критерии оценивания.**

Полнота раскрытия вопроса, качество оформления. ответы на вопросы аудитории.

## **6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

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

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Средства (методы)</b>
---	----------------------------	--------------------------

		<b>оценивания промежуточной аттестации</b>
ОПК ОС-1.6		
ОПК ОС-11.10	Демонстрирует способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с производством ферросплавов, в соответствии с действующими нормативными документами	Устное собеседование по вопросам к зачету.
ОПК ОС-11.11	Демонстрирует способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с основными технологическими процессами в области биометаллургии цветных металлов, в соответствии с действующими нормативными документами	Устное собеседование по вопросам к зачету.
ОПК ОС-11.2	Демонстрирует способность анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета
ОПК ОС-11.4	Усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством и рафинированием металлов, термо- и металлообработкой, в соответствии с действующими нормативными документами.	Устное собеседование по вопросам к дифференцированному зачету
ОПК ОС-11.7	Глубоко и прочно усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с основными гидрометаллургическими процессами, в соответствии с действующими нормативными документами	Устное собеседование по вопросам к дифференцированному зачету
ОПК ОС-11.9	Демонстрирует знание нормативных показателей основных литейных процессов в металлургии цветных металлов, способен анализировать, составлять и применять техническую документацию.	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета

ОПК ОС-3.4	Демонстрирует навыки владения методами моделирования основных металлургических процессов.	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета
ОПК ОС-7.5	После практического изучения основных металлургических процессов демонстрирует знания о процессах и характеристиках материалов и способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета
ОПК ОС-7.7	Демонстрирует способность осуществлять и корректировать технологические процессы выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки.	Устное собеседование по вопросам к дифференцированному зачету.
ОПК ОС-9.1	Демонстрирует владение терминологией и знаниями основ металлургических процессов переработки минерального и техногенного сырья и способов получения металлов.	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета
ОПК ОС-9.2	Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии получения и рафинирования металлов, термо- и материалобработки	Устное собеседование по вопросам к дифференцированному зачету.
ОПК ОС-9.3	Демонстрирует способность выбирать обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки	Тестирование, устное собеседование по вопросам к дифференцированному зачету.
ОПК ОС-9.5	Знает физико-химические основы литейных процессов, оборудование для выбора эффективной и безопасной технологии литейного производства.	Устное собеседование по вопросам экзаменационного билета.
ОПК ОС-9.6	Способен выбирать эффективные и безопасные технологии в ферросплавном производстве	Устное собеседование по вопросам к зачету.

ОПК ОС-9.7	Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии в биометаллургии цветных металлов.	Устное собеседование по вопросам к зачету.
------------	---	--

## 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

### 6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

#### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

Курсовая работа выполняется в 3-ем семестре. Необходимо выполнить расчетную курсовую

работу (по вариантам) и ответить на контрольные вопросы при ее защите.

Задания и пример расчета приведены в методических указаниях. Оформление курсовой работы должно соответствовать требованиям СТО 005–2020 «Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей».

Вопросы к защите курсовой работы:

1. Назовите основные формы нахождения металлов в природе.
2. Назовите основные промышленные минералы меди.
3. Назовите основные минералы свинца.
4. Назовите основные способы обогащения полезных ископаемых.
5. Назовите основные минералы цинка.
6. Предложите технологию переработки для сырья, рациональный состав которого вы рассчитали.
7. Дайте оценку пригодности предложенного в курсовой работе сырья к металлургической переработке.
8. Назовите виды минералов, содержащие ценные металлы и входящие в состав концентрата.
9. Что такое «флюс»? Назовите основные флюсы, используемые в металлургии тяжелых цветных металлов.
10. Назовите минералы пустой породы

#### Пример задания:

Пример задания :

При выполнении курсовой работы необходимо рассчитать рациональный состав минерального сырья, поступающего на металлургическую переработку.

В качестве исходных данных для расчета следует использовать один из вариантов качественного минерального и химического состава металлургического сырья, а также информацию по массовому соотношению минералов железа и ценного компонента в руде или концентрате.

Массовое соотношение минералов железа и ценного компонента в руде или концентрате

Вариант №1. Соотношение минералов Азурит : Борнит : Хризокolla составляет соответственно 70 : 10 : 20; соотношение минералов Гетит : Магнетит = 70 : 30.

Вариант №2. Соотношение минералов Малахит : Борнит : Ковеллин составляет соответственно 65 : 15 : 20; соотношение минералов Гетит : Гематит = 80 : 20.

Вариант №3. Соотношение минералов Малахит : Ковеллин : Хризоколла составляет соответственно 70 : 20 : 10; соотношение минералов Гетит : Магнетит = 80 : 20.

Вариант №4. Соотношение минералов Азурит : Халькопирит : Ковеллин составляет соответственно 10 : 30 : 60; соотношение минералов Гематит : Магнетит = 50 : 50.

Вариант №5. Соотношение минералов Борнит : Халькопирит : Ковеллин составляет соответственно 10 : 80 : 10.

Вариант №6. Соотношение минералов Халькопирит : Борнит : Хризоколла составляет соответственно 60 : 30 : 10; соотношение минералов Гетит : Магнетит = 40 : 60.

Вариант №7. Соотношение минералов Галенит : Церрусит : Англизит составляет соответственно 90 : 5 : 5.

Вариант №8. Соотношение минералов Галенит : Церрусит : Англизит составляет соответственно 85 : 7 : 8; соотношение минералов Гетит : Магнетит = 30 : 70.

Вариант №9. Соотношение минералов Галенит : Церрусит : Англизит составляет соответственно 89 : 7 : 4; соотношение минералов Гематит : Магнетит = 60 : 40.

Вариант №10. Соотношение минералов Молибденит : Ферримолибдит : Повеллит составляет соответственно 10 : 60 : 30.

Вариант №11. Соотношение минералов Молибденит : Ферримолибдит : Повеллит составляет соответственно 15 : 45 : 40; соотношение минералов Гетит : Гематит = 70 : 30.

Вариант №12. Соотношение минералов Молибденит : Ферримолибдит : Повеллит составляет соответственно 5 : 40 : 55; соотношение минералов Гетит : Магнетит = 80 : 20.

Вариант №13. Соотношение минералов Сфалерит : Смитсонит : Цинкит составляет соответственно 85 : 10 : 5; соотношение минералов Гетит : Магнетит = 20 : 80.

Вариант №14. Соотношение минералов Сфалерит : Смитсонит : Цинкит составляет соответственно 90 : 5 : 5; соотношение минералов Гетит : Гематит = 30 : 70.

Вариант №15. Соотношение минералов Сфалерит : Смитсонит : Цинкит составляет соответственно 87 : 9 : 4; соотношение минералов Магнетит : Гематит = 50 : 50.

#### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Применяет основные математические методы при расчете рационального состава минерального сырья Демонстрирует знания об основных способах получения металлов.	Осуществляет расчеты рационального состава минерального сырья с незначительными ошибками. Демонстрирует знания об основных способах получения металлов (но не в полной мере).	Осуществляет расчеты рационального состава минерального сырья со значительными ошибками. Демонстрирует слабые знания об основных способах получения металлов.	Неверно осуществляет расчеты рационального состава минерального сырья. Не демонстрирует знания об основных способах получения металлов.

#### 6.2.2.2 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

### 6.2.2.2.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в виде устного собеседования по вопросам экзаменационного билета.

Вопросы к экзамену:

1. Определение и свойства металлов.
2. Классификация металлов.
3. Формы нахождения металлов в природе.
4. Понятие «руда» и «месторождение».
5. Назовите металлы, относящиеся к группе тяжелых легких, благородных, редких цветных металлов.
6. Назовите металлы, относящиеся к группе «Черные металлы»..
7. Способы производства металлов.
8. Назовите крупные месторождения руд цветных металлов в России, за рубежом..
9. Какие процессы рудоподготовки вы знаете?.
10. Понятие «выщелачивание металлов».
11. Процессы разделения твёрдой и жидкой фаз пульпы.
12. Способы концентрирования металлов и очистки растворов.
13. Дать описание понятий «обжиг», «плавка».
14. Какими способами можно повысить чистоту получаемых металлов?.
15. Особенности нормативных показателей основных технологических процессов в металлургии тяжелых, легких и благородных металлов.
16. Какая техническая документация регламентирует производство цветных металлов?.
17. Какая техническая документация связана с гидрометаллургическим производством цветных металлов?.
18. Какая техническая документация связана с применением плавильных агрегатов?.
19. Что дает анализ технической документации в металлургии?

### 6.2.2.2.2 Критерии оценивания

<b>Отлично</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Неудовлетворительно</b>
После практического изучения основных металлургических процессов демонстрирует знания о процессах и характеристиках материалов и способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные. Демонстрирует владение	Не в полной мере демонстрирует знания о процессах и характеристиках материалов и способность обрабатывать представлять экспериментальные данные. Демонстрирует владение (но не в полной мере) терминологией и знаниями основ металлургических процессов	Демонстрирует слабые знания о процессах и характеристиках материалов и способность обрабатывать представлять экспериментальные данные. Слабо демонстрирует владение терминологией и знаниями основ металлургических процессов переработки	Не знает процессы и характеристики материалов, не способен обрабатывать и представлять экспериментальные данные Не владеет терминологией и знаниями основ металлургических процессов переработки минерального и техногенного сырья и способов получения металлов.

<p>терминологией и знаниями основ металлургических процессов переработки минерального и техногенного сырья и способов получения металлов. Демонстрирует способность анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>переработки минерального и техногенного сырья и способов получения металлов. Демонстрирует способность (но не в полной мере) анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>минерального и техногенного сырья и способов получения металлов. Демонстрирует слабую способность анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>Не способен анализировать техническую документацию, связанную с технологическими процессами получения металлов (сплавов) и характеристиками готовой продукции, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>
--	--	---	---

### 6.2.2.3 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

#### 6.2.2.3.1 Описание процедуры

Дифференцированный зачет в 4-м семестре проводится в виде устного собеседования по вопросам, вынесенным на зачет.

Вопросы к зачету:

1. Дайте определение рудоподготовки. Какие этапы она включает?
2. Перечислите основные методы обогащения руд. Какие факторы влияют на эффективность флотационного обогащения?
3. Каким методом можно обрабатывать экспериментальные данные, полученные при практическом изучении металлургических процессов?
4. Что такое металлотермия? Какие реакции лежат в ее основе?
5. В чем суть окислительного рафинирования? Какие примеси удаляются при окислительном рафинировании? Виды технической документации на производстве.
6. Что такое ликвация? Какие металлы очищают ликвационным методом?
7. Опишите принцип электролитического рафинирования. Какая техническая

документация используется на производстве?

8. В чем разница между дистилляцией и ректификацией?
9. Какие вредные компоненты содержатся в отходящих газах металлургических производств? Какие нормативные документы регламентируют выбросы вредных веществ?
10. Какие показатели оценивают эффективность процессов? Назовите техническую документацию, регламентирующую производство металлов.
11. Нормативные показатели основных технологических процессов в области гидро-, пирометаллургии.
12. Дайте определение отжига, закалки, отпуска. Чем отличается нормализация от отжига?
13. Какие основные этапы включает порошковая металлургия? Назовите основную нормативную документацию, регламентирующую выпуск продукции.
14. Примеры применения технической документации, связанной с термо- и металлообработкой.
15. Чем отличается холодная и горячая обработка металлов давлением? Что дает анализ технической документации по данному процессу?
16. Какие виды сварки вы знаете?

#### 6.2.2.3.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
<p>Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии получения и рафинирования металлов, термо- и материалобработки.</p> <p>Усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством и рафинированием металлов, термо- и металлообработкой, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>Не в полной мере демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии получения и рафинирования металлов, термо- и материалобработки.</p> <p>Не в полной мере усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством металлов и металлообработкой, в соответствии с действующими</p>	<p>Демонстрирует слабую способность выбирать эффективные и безопасные технологии при получении и рафинировании металлов, термо- и материалобработки ..</p> <p>Слабо усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством и рафинированием металлов, термо- и материалобработкой, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>Не демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии получения и рафинирования металлов, термо- и материалобработки .</p> <p>Не усвоил принципы анализа и составления технической документации, связанной с производством и рафинированием металлов, термо- и металлообработкой, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>

	нормативными документами.		
--	---------------------------	--	--

#### 6.2.2.4 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

##### 6.2.2.4.1 Описание процедуры

Дифференцированный зачет в 5-ом семестре проводится в виде тестирования и устного собеседования по вопросам, вынесенным на зачет.

Пример теста к зачету:

1. Расставьте в правильном порядке пять стадий процесса ионного обмена:  
 перемещение вытесняемого иона от поверхности в раствор;  
 химическая реакция двойного обмена;  
 перемещение вытесняющего иона внутри зерна к точке обмена;  
 перемещение вытесняющего иона из раствора к поверхности зерна;  
 перемещение вытесняемого иона внутри зерна от точки обмена к поверхности;
2. Какой метод не используется для выделения примесей из раствора сульфата цинка:  
 а) гидролитический  
 б) цементационный  
 в) электролитический  
 г) пирометаллургический  
 д) химический
2. Рассчитать объем воды, который необходимо удалить при выпарке одного кубометра маточного раствора для увеличения концентрации каустической щелочи с  $\{a\}$  до  $\{b\}$  г/дм<sup>3</sup>. Ответ в дм<sup>3</sup>
3. При декомпозиции алюминатного раствора его каустический модуль увеличился с  $\{x\}$  до  $\{y\}$ . Определите с точностью до одной сотой выход оксида алюминия
4. Определить содержание твердого в 1 дм<sup>3</sup> пульпы, поступающей на автоклавное выщелачивание, если Ж:Т в пульпе  $\{c\}$ , плотность пульпы  $\{d\}$  г/см<sup>3</sup>

Перечень вопросов к зачету:

1. Каков порядок статистической обработки данных по измерению постоянной величины в различных способах извлечения благородных металлов из растворов гидрометаллургической переработки.
2. Оценки параметров распределений и доверительного интервала выборочной характеристики при моделировании гидрометаллургических процессов.
3. Моделирование эксперимента в методических исследованиях гидрометаллургических процессов.
4. Причины и методы устранения потерь экстрагента в процессе экстракционного извлечения металлов из раствора.
5. Влияние качества и количества сорбента на извлечение металла в раствор при сорбционном выщелачивании.
6. Методы разделения близких по физико-химическим свойствам металлов.
7. Причины и методы устранения потерь сорбента в процессе сорбционного выщелачивания.
8. Нормативные показатели основных технологических процессов в области

гидрометаллургии.

9. Физические, химические и физико-химические способы извлечения благородных металлов из растворов гидрометаллургической переработки. Привести примеры технологических схем.

10. Виды технической документации в гидрометаллургическом производстве цветных металлов, назначение.

#### 6.2.2.4.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
<p>Демонстрирует способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных гидрометаллургических процессов. Демонстрирует способность выбирать обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки. Демонстрирует способность анализировать, составлять и применять техническую документацию,</p>	<p>Демонстрирует, но не в полной мере способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных гидрометаллургических процессов. Демонстрирует (не в полной мере) способность выбирать обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки. Демонстрирует способность анализировать, составлять и применять</p>	<p>Демонстрирует слабую способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных гидрометаллургических процессов. Демонстрирует способность выбирать не достаточно обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки. Демонстрирует слабую способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с основными гидрометаллургичес</p>	<p>Не демонстрирует способность обрабатывать и представлять экспериментальные данные, полученные при практическом изучении основных гидрометаллургических процессов. Не демонстрирует способность выбирать обоснованные технические решения при проведении выщелачивания и осаждения цветных металлов из руд и концентратов, исходя из химического состава руд и растворов, наличия примесей и способах дальнейшей переработки. Не демонстрирует способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с основными гидрометаллургическими процессами, в соответствии с действующими нормативными документами</p>

связанную с основными гидрометаллургическими процессами, в соответствии с действующими нормативными документами.	техническую документацию, связанную с основными гидрометаллургическими процессами, в соответствии с действующими нормативными документами	кими процессами, в соответствии с действующими нормативными документами	
--	---	---	--

### 6.2.2.5 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

#### 6.2.2.5.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в виде устного собеседования по вопросам экзаменационного билета.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Классификация алюминиевых сплавов.
2. Диаграммы состояния Al-Fe и Al-Si; влияние легирующих добавок Cu, Mg, Mn на свойства алюминиевых сплавов;
3. Литейные свойства алюминиевых сплавов (усадка, склонность к образованию трещин, герметичность, ликвация);
4. Формы роста кристаллов в слитках и отливках; влияние водорода на структуру отливок;
5. Факторы, влияющие на внутреннюю структуру алюминиевых сплавов;
6. Механизм кристаллизации алюминиевых расплавов;
7. Физико-химические основы рафинирования алюминиевых сплавов;
8. Нормативные показатели, технические условия и ГОСТы при получении сплавов на основе алюминия. Марки сплавов
9. Какая техническая документация связана с литейным производством цветных металлов?
10. Что дает анализ технической документации в литейном производстве цветных металлов?
11. Моделирование эксперимента в исследованиях литейных процессов
12. Зачем необходимо ранжировать входные параметры перед проведением эксперимента в системе ProCast.

#### 6.2.2.5.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Применяет знания моделирования для решения практических	Применяет знания моделирования для решения практических	Слабые знания моделирования для решения практических задач	Не может применить знания моделирования для решения практических задач в

<p>задач в металлургии. Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии в литейном производстве. Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с литейными процессами, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>задач в металлургии с незначительными ошибками. Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии в литейном производстве (но не в полной мере). Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с литейными процессами, в соответствии с действующими нормативными документами (но не в полной мере).</p>	<p>в металлургии. Демонстрирует слабую способность выбирать эффективные и безопасные технологии в литейном производстве. Способен слабо анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с литейными процессами, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>	<p>металлургии. Не демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии в литейном производстве. Не способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с литейными процессами, в соответствии с действующими нормативными документами.</p>
--	---	---	--

### 6.2.2.6 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

#### 6.2.2.6.1 Описание процедуры

Зачет проводится в виде устного собеседования по вопросам к зачету, которые выдаются обучающимся заранее.

Примерная тематика вопросов к зачету:

1. Дать определение «бактериальное кучное выщелачивание», «микροорганизмы».
2. Поясните суть и значение открытого С.Н. Виноградским явления хемосинтеза.
3. Эукариоты и прокариоты. Определение, отличия.
4. Автотрофы, хемотрофы, фототрофы. Определение, отличия.
5. При каких температурах существуют и развиваются психрофильные, мезофильные, термофильные микроорганизмы?
6. Аэробные и анаэробные микроорганизмы. Определение, отличия.
7. Характеристика тионовых бактерии рода *Acidithiobacillus*.
8. Как влияет присутствие тионовых железоокисляющих бактерий *Acidithiobacillus ferrooxidans* на скорость окисления железа?
9. Что является легко окисляемым субстратом для железоокисляющих бактерий?
10. Роль микроорганизмов в окислении Fe, S и сульфидных минералов?
11. Биоокисление пирита, арсенопирита. Конечные и промежуточные продукты окисления.

12. Для чего в биотехнологии цветных металлов выполняется окисление сульфидов меди?
13. Какова цель бактериального окисления сульфидов железа и мышьяка в металлургии?
14. Формы нахождения золота в рудах. Какая форма нахождения золота представляет наибольший интерес для бактериального окисления?
15. Перечислите все основные параметры процессов бактериального окисления и выщелачивания.
16. Перечислите физико-химические, биологические и технологические параметры процессов бактериального окисления и выщелачивания. Основные недостатки процесса.
17. Перечислите основные способы интенсификации процессов чанового бактериального выщелачивания.
18. На что влияет адаптация микроорганизмов?
19. Технологическая схема переработки пирит-арсенопиритных золотосодержащих концентратов с применением бактериального окисления.
20. Нормативные показатели процессов чанового бактериального выщелачивания.
21. Нормативные показатели основных технологических процессов при переработке пирит-арсенопиритных золотосодержащих концентратов с применением бактериального окисления.
22. Какая техническая документация связана с биотехнологией цветных металлов?
23. Какая техническая документация связана с процессами бактериального окисления. Какая техническая документация связана с тионовыми бактериями рода *Acidithiobacillus*.

#### 6.2.2.6.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
<p>Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии в биометаллургии цветных металлов.</p> <p>Демонстрирует способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с основными технологическими процессами в области биометаллургии цветных металлов, в соответствии с действующими нормативными документами</p>	<p>Не способен выбирать эффективные и безопасные технологии в биометаллургии цветных металлов.</p> <p>Демонстрирует способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с основными технологическими процессами в области биометаллургии цветных металлов, в соответствии с действующими нормативными документами</p>

#### 6.2.2.7 Семестр 8, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

##### 6.2.2.7.1 Описание процедуры

Зачет проводится в виде устного собеседования по вопросам, предназначенным к зачету. Для успешной сдачи зачета обучающемуся заранее выдаются контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Сырьевая база для производства ферросплавов
2. Основные способы производства ферросплавов
3. Какие сплавы относятся к группе больших и малых ферросплавов

4. Технология производства ферросплавов в доменных печах
5. Основное и природоохранное оборудование, используемого при производстве доменных ферросплавов
6. Технология производства ферросплавов в руднотермических печах
7. Конструкция руднотермических печей
8. Технология производства ферросплавов металлотермическим способом
9. Факторы воздействия на окружающую среду в производстве ферросплавов
10. Переработка нерассыпающихся и саморассыпающихся шлаков
11. Система экологического менеджмента при производстве ферросплавов
12. Система энергетического менеджмента при производстве ферросплавов (ISO 50001:2011 и ГОСТ Р ИСО 50001–2012)

#### 6.2.2.7.2 Критерии оценивания

<b>Зачтено</b>	<b>Не зачтено</b>
<p>Демонстрирует способность выбирать эффективные и безопасные технологии в ферросплавном производстве.</p> <p>Демонстрирует способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с производством ферросплавов, в соответствии с действующими нормативными документами</p>	<p>Не способен выбирать эффективные и безопасные технологии в ферросплавном производстве. Не демонстрирует способность анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с производством ферросплавов, в соответствии с действующими нормативными документами</p>

### 7 Основная учебная литература

1. Пожидаева С. П. Основы производства. Материаловедение и производство металлов : учебное пособие для вузов по специальности "Технология и предпринимательство" / С. П. Пожидаева, 2010. - 190.
2. Процессы и аппараты цветной металлургии : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" и специальности "Металлургия цв. металлов" / Под ред. С. С. Набойченко, 1997. - 655.
3. Жучков. Основы производства и обработки металлов : учебное пособие для вузов по направлению "Металлургия". Ч. 1 : Основы производства металлов, 2008. - 147.
4. Жучков И. А. Основные процессы гидрометаллургии: Теоретические основы процессов выщелачивания / И. А. Жучков, 1979. - 114.
5. Воскобойников В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов по направлению "Металлургия" / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев, 2005. - 764.
6. Основы материаловедения : (металлообработка): учебник для студентов среднего специального образования / В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов, Е. М. Духнеев; под ред. В. Н. Заплатина, 2015. - 272.

7. Развитие теории и практики металлургических технологий : в 3 т. : монография / под ред. В. Н. Перетятыко, Е. В. Протопопова, И. Ф. Селянина. Т. 1 : Теория и практика интенсификации технологического процесса в шахтных печах малого диаметра / И. Ф. Селянин [и др.], 2010. - 378.
8. Белоусова О. В. Основы гидрометаллургических производств [Электронный ресурс] : курс лекций / О. В. Белоусова, 2008. - 36.
9. Клёц В. Э. Основы пирометаллургических производств : учебное пособие для вузов по направлению "Металлургия" / В. Э. Клёц; В. Э. Клещ, Н. В. Немчинова, В. С. Кокорин, 2009. - 143.
10. Минеев Г. Г. Биотехнология цветных металлов [Электронный ресурс] : конспект лекций / Г. Г. Минеев, Т. С. Минеева, 2008. - 40.
11. Исследование литейных процессов : учебное пособие по специальности 150104 "Литейное производство черных и цветных металлов" / А. А. Усольцев [и др.], 2013. - 194.
12. Теория металлургических процессов : учебник для вузов по направлению 150100 "Металлургия", специальность 150102 "Металлургия цветных металлов" / Г. Г. Минеев [и др.]; под общ. ред. Г. Г. Минеева, 2010. - 522.

#### **8 Дополнительная учебная литература и справочная**

1. Петровский А. А. Металлургические технологии. Гидрометаллургия : электронный курс / А. А. Петровский, 2023
2. Цымбал В. П. Новые металлургические технологии : учебное пособие для вузов / В. П. Цымбал, П. А. Сеченов, И. А. Рыбенко ; ред. В. П. Цымбал, 2024. - 260.
3. Обработка металлов резанием : справ. технолога / А. А. Панов [и др.], 2004. - 784.
4. Мастеров В. А. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением : [учебник для машиностроительных техникумов] / В. А. Мастеров, В. С. Берковский, 1970. - 296.
5. Вишницкий А. Л. Электрохимическая и электромеханическая обработка металлов / А. Л. Вишницкий, И. З. Ясногородский, И. П. Григорчук; ред. Л. Я. Попилов, 1971. - 211.
6. Полевой Г. В. Газопламенная обработка металлов : учеб. для сред. проф. образования по специальности 1207 "Свароч. пр-во" / Г. В. Полевой, Г. К. Сухинин, 2005. - 332.
7. Обработка металлов давлением / Ю. Ф. Шевакин [и др.], 2005. - 492.
8. Смирнов В. С. Теория обработки металлов давлением : учебник / В. С. Смирнов, 1973. - 496.
9. Металлургические технологии. Литейное производство цветных металлов : методические указания к практическим занятиям для студентов очного и заочно-вечернего обучения / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 34.
10. Металлургические технологии : методические указания для практической работы: по направлению подготовки бакалавров 22.03.02 "Металлургия" очной и заочной форм обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т; сост. А. А. Васильев. Разд. 1, 2017. - 18.

11. Металлургические технологии : методические указания для самостоятельной работы: по направлению подготовки бакалавров 22.03.02 "Металлургия" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т; сост. А. А. Васильев. Разд. 1, 2017. - 22.
12. Штамповка, сварка, пайка и термообработка титана и его сплавов в авиастроении / А. Г. Братухин, Ю. Л. Иванов, Б. Н. Марьин и др., 1997. - 600.
13. Адаскин А. М. Материаловедение (металлообработка) : учебник / А. М. Адаскин, В. М. Зуев, 2001. - 240.
14. Металлургические технологии (литейное производство) : методические указания для лабораторных работ студентов по направлению подготовки 22.03.02 "Металлургия": профиль подготовки "Металлургия цветных, редких и благородных металлов" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. - 17.
15. Металлургические технологии (литейное производство) : методические указания для самостоятельной работы студентов по направлению подготовки 22.03.02 "Металлургия": профиль подготовки "Металлургия цветных, редких и благородных металлов" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2017. - 10.
16. Металлургические технологии [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению лабораторных работ по направлению подготовки бакалавров "Металлургия" очной и заочной формы обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 12.
17. Производство алюминиевых сплавов : учеб. пособие для вузов по направлению 150100- Металлургия / Г. В. Галевский [и др.], 2006. - 282.
18. Металлургические технологии [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению практических работ по направлению подготовки 22.03.02 "Металлургия" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 11.
19. Теория и технология ферросплавов [Электронный ресурс] : методические указания по практическим занятиям подготовки бакалавров по направлению 22.03.02 "Металлургия" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 52.
20. Биотехнология цветных металлов : методические указания к практическим занятиям / Иркут. гос. техн. ун-т, 2013. - 55.
21. Гасик Михаил Иванович. Теория и технология производства ферросплавов : [Учеб. для вузов по спец. "Металлургия чер. металлов"] / Михаил Иванович Гасик, Николай Павлович Лякишев, Борис Иванович Емлин, 1988. - 783.
22. Рысс М. А. Производство ферросплавов : Учеб. пособие / М. А. Рысс, 1968. - 392.
23. Щедровицкий Я. С. Производство ферросплавов в закрытых печах / Я. С. Щедровицкий, 1975. - 312.
24. Мизин В. Г. Углеродистые восстановители для ферросплавов / В. Г. Мизин, Г. В. Серов, 1976. - 272.
25. Гасик М. И. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов : учеб. для вузов по специальности "Металлургия чер. металлов и сплавов" / М. И. Гасик, Н. П. Лякишев, 1999. - 764.
26. Трухов А. П. Литейные сплавы и плавка : учеб. для вузов по специальности "Машины и технология литейного пр-ва" ... / А. П. Трухов, А. И. Маляров, 2004. - 335, [1 ].

27. Литейное производство: Введение в специальность : учеб. пособие по спец. "Литейное производство черных и цветных металлов", "Машины и технология литейного производства" / Под ред. С. П. Дорошенко, 1987. - 184.

28. Куманин И. Б. Вопросы теории линейных процессов. Формирование отливок в процессе затвердевания и охлаждения сплава : учебное пособие для вузов по специальности "Литейное производство черных и цветных металлов" / И. Б. Куманин, 1976. - 216.

29. Металлы. Основные положения физики металлов : учебное пособие для очной и заочной форм обучения по специальности 110200 "Металлургия цветных металлов" для изучения дисциплины "Теория металлургических процессов" / сост. И. А. Жучков, 2000. - 30.

30. Металлургические технологии : методические указания для студентов заочной формы обучения / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2015. - 18.

31. Ермаков С. С. Порошковая металлургия : учеб. пособие / С. С. Ермаков, 1986. - 85, [3].

32. Металлургические технологии переработки промышленных и бытовых отходов : учебное пособие для вузов по направлению 150100 "Металлургия" / Е. П. Волынкина [и др.], 2013. - 151.

## **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. ProCast(Stress Package)\_поставка 2010г.

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Весы аналитические "ЛВ-210А"
2. Микроскоп "Axio Lab.A1"материалов-ий бинокулярный для лаб-ых исслед.
3. Твердомер для металлов переносной ИТ-5160
4. Муфельная печь ЭКПС 10 (1300\*С, 10л,материал камеры-волокно МКРВ)
5. Мешалка верхнеприводная RW
6. Полупромышленная установка по выщелачиванию SXK-883 Kinetics

7. Мешалка магнитная
8. Набор сит
9. Реактивы и технологические материалы
10. Сушильный шкаф