

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
**доцент В.Ю. Бажин**

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
**Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИИ**  
**ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Магистратура
<b>Направление подготовки:</b>	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
<b>Направленность (профиль):</b>	Системы автоматизированного управления в металлургии
<b>Квалификация выпускника:</b>	магистр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент Фокина С.Б.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Современные направления в развитии технологии производства цветных металлов» разработана:**

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО магистратура по направлению подготовки «15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств», утвержденного приказом Минобрнауки России №1452 от 25 ноября 2020 г.;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств» направленность (профиль) «Автоматизация технологических процессов и производств в металлургической промышленности».

Составитель \_\_\_\_\_ доцент С.Б. Фокина

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Автоматизации технологических процессов и производств» от «15» февраля 2021 г., протокол № 12.**

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

- получение углублённых знаний в области производства цветных металлов.

### Основные задачи дисциплины:

- знакомство с современными направлениями в развитии технологии производства цветных металлов;
- подготовка будущего магистра к самостоятельному решению профессиональных задач в научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Современные направления в развитии технологии производства цветных металлов» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств» и изучается в 3,4 семестре.

Для изучения дисциплины «Современные направления в развитии технологии производства цветных металлов» необходимы знания, умения и владения, полученные в результате освоения следующих дисциплин: «Техническое обеспечение систем управления», «Проведение патентных исследований и защита интеллектуальной собственности», «Проектирование систем автоматизации и управления».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Современные направления в развитии технологии производства цветных металлов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования	ОПК-1.	ОПК-1.3. Умеет: - составлять программу исследования; - проводить экспериментальные исследования; - пользоваться экспериментальной аппаратурой; ОПК-1.4. Владеет: - навыками планирования, организации и проведения эксперимента с последующей обработкой и анализом данных.
Способен проводить технологические расчеты и моделирование металлургических процессов в прикладных программных пакетах	ПКС-3	ПКС-3.1. <b>Знает</b> состав, возможности и требования программных пакетов, их функции и принципы работы и расчета. ПКС-3.2. <b>Умеет</b> использовать для решения прикладных и научно-исследовательских задач современные программные пакеты и комплексы ПКС-3.3. <b>Владеет</b> навыками работы с современными программными пакетами и комплексами для расчета и контроля технологических параметров металлургических процессов

Формируемые компетенции по		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен проводить научные исследования в области разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих рациональное использование сырьевых, энергетических и других видов ресурсов	ПКС-6	<p>ПКС-6.1. <b>Знает</b> способы и методы оптимизации технологических режимов, обеспечивающих минимальные энерго- и ресурсозатраты, высокую экологическую безопасность и экономическую эффективность;</p> <p>ПКС-6.2. <b>Знает</b> требования к заданию составов и свойства материальных и энергетических потоков технологических схем, способы их модификации в целях оптимального функционирования производственных объектов;</p> <p>ПКС-6.3. <b>Умеет</b> пользоваться современными методами теоретических и экспериментальных исследований в области металлургического производства;</p> <p>ПКС-6.4. <b>Владеет</b> навыками разработки математических моделей металлургического производства на основе материального и энергетического баланса.</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	Ак. часы по семестрам
		3	4
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>52</b>	<b>28</b>	<b>24</b>
Лекции	26	14	12
Практические занятия (ПЗ)	26	14	12
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>92</b>	<b>44</b>	<b>48</b>
Подготовка к практическим занятиям	92	44	48
Подготовка к лабораторным работам	-	-	-
<b>Вид промежуточной аттестации – дифф. зачет (ДЗ), экзамен (Э)</b>	<b>36</b>	<b>ДЗ</b>	<b>Э (36)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>180</b>	<b>108</b>	<b>72</b>
<b>ак. час</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>зач. ед.</b>			

## 4.2 Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование раздела дисциплины	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1. Основные тенденции в изменении сырьевой базы цветной металлургии и перспективы её развития	14	2	2	-	10
Раздел 2. Современные направления в развитии гидрометаллургических технологий производства цветных металлов из рудного сырья	58	12	12	-	34
Раздел 3. Современные направления в развитии пирометаллургических технологий производства цветных металлов из рудного сырья	36	6	6	-	24
Раздел 4. Современные направления в развитии технологии производства цветных металлов из вторичного и техногенного сырья	36	6	6	-	24
<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	<b>92</b>

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость в ак. часах
1.	Основные тенденции в изменении сырьевой базы цветной металлургии и перспективы её развития	Влияние технических решений в металлургии цветных металлов на показатели научно-технического прогресса, развитие экономики и обороноспособности страны. Сырьевая база цветной металлургии и ведущие тенденции её изменения применительно к основным группам цветных и редких металлов. Вовлечение в сферу производства забалансового и нетрадиционного сырья, вторичного сырья и сырья техногенного происхождения. Особенности минерально-сырьевой базы энергетического и вспомогательного сырья и актуальные проблемы её развития.	2

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Содержание раздела</b>	<b>Трудоемкость в ак. часах</b>
2.	Современные направления в развитии гидрометаллургических технологий производства цветных металлов из рудного сырья	Современное состояние и основные направления совершенствования существующих гидрометаллургических технологий, учитывающие использование энергосберегающих решений и ресурсосберегающих процессов. Комплексная переработка рудного сырья, интенсификация технологических процессов, увеличения выхода целевых продуктов и использование экологически безопасных технических решений.	12
3.	Современные направления в развитии пирометаллургических технологий производства цветных металлов из рудного сырья	Современное состояние и основные направления совершенствования существующих пирометаллургических технологий, учитывающие использование энергосберегающих решений и ресурсосберегающих процессов. Комплексная переработка рудного сырья, интенсификация технологических процессов, увеличения выхода целевых продуктов и использование экологически безопасных технических решений.	6
4.	Современные направления в развитии технологии производства цветных металлов из вторичного и техногенного сырья	Характеристики и источники образования техногенных и вторичных ресурсов. Процессы, протекающие при переработке техногенного и вторичного сырья, технологии и аппараты, используемые для их реализации.	6
<b>Итого:</b>			<b>26</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел</b>	<b>Тематика практических занятий</b>	<b>Трудоемкость в ак. часах</b>
1.	Раздел 1	Расчет рационального состава металлсодержащего сырья	2
2.	Раздел 2	Автоклавное выщелачивание сульфидных материалов	8
3.	Раздел 2	Электроэкстракция и сорбция металлов	4
4.	Раздел 3	Выплавка штейна способом «Аусмелт»	8
5.	Раздел 4	Анализ технологических схем переработки техногенного металлсодержащего сырья	4
<b>Итого:</b>			<b>26</b>

**4.2.4. Лабораторные работы** – лабораторные работы не предусмотрены.

**4.2.5. Курсовые работы (проекты)** – курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифф. зачета, экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

**Раздел 1. Основные тенденции в изменении сырьевой базы цветной металлургии и перспективы её развития**

1. Структура металлургического комплекса.
2. Влияние технических решений в металлургии цветных металлов на показатели научно-технического прогресса, развитие экономики и обороноспособности страны.
3. Сырьевая база цветной металлургии и ведущие тенденции её изменения применительно к основным группам цветных и редких металлов.
4. Вовлечение в сферу производства забалансового и нетрадиционного сырья, вторичного сырья и сырья техногенного происхождения.
5. Особенности минерально-сырьевой базы энергетического и вспомогательного сырья и актуальные проблемы её развития.

## **Раздел 2. Современные направления в развитии гидрометаллургических технологий производства цветных металлов из рудного сырья**

1. Гидрометаллургия меди.
2. Гидрометаллургия никеля.
3. Гидрометаллургия цинка.
4. Гидрометаллургия легких металлов.
5. Гидрометаллургия благородных металлов.

## **Раздел 3. Современные направления в развитии пирометаллургических технологий производства цветных металлов из рудного сырья**

1. Пирометаллургия меди.
2. Пирометаллургия никеля.
3. Пирометаллургия цинка.
4. Пирометаллургия легких металлов.
5. Пирометаллургия благородных металлов.

## **Раздел 4. Современные направления в развитии технологии производства цветных металлов из вторичного и техногенного сырья**

1. Источники образования вторичных ресурсов.
2. Источники образования техногенных ресурсов.
3. Переработка шлаков цветной металлургии.
4. Переработка шламов цветной металлургии.
5. Переработка пылей цветной металлургии.

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифф.зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к дифф.зачету**

1. Сформулируйте понятие «минеральные ресурсы».
2. Что понимают под «комплексной переработкой минерального сырья»?
3. Какие требования предъявляют к металлургическому сырью?
4. Каково современное состояние гидрометаллургии меди?
5. Объясните механизм гидротермального осаждения меди из растворов выщелачивания на твердом продукте.
6. Назовите пути, обеспечивающие повышение качества медного концентрата, получаемого при обогащении колчеданных медно-цинковых руд.
7. В чем заключается гидрометаллургическая переработка сульфидных никелевых руд?
8. Назовите состав электролита при электроэкстракции никеля.
9. В каких формах золото присутствует в рудах?
10. Дайте характеристику методам переработки гравитационных концентратов золота.
11. Назовите типы упорных руд золота.
12. Укажите недостатки традиционного метода извлечения золота из упорных руд.
13. Назовите современные гидрометаллургические технологии переработки упорного сульфидного золотосодержащего сырья.
14. Приведите современные гидрометаллургические технологии переработки упорного сульфидного золотосодержащего сырья.
15. Какие факторы сдерживают активное применение биовыщелачивания золота на территории РФ?
16. Что понимают под термином «прег-роббинг»?
17. В чем заключается процесс «интенсивного цианирования» золота?



18. С какой целью вводят реагенты-ускорители при гидрометаллургическом извлечении золота из гравитационных концентратов.
19. Назовите недостатки процесса цианирования золота.
20. Какие факторы сдерживают активное применение биовыщелачивания золота на территории РФ?
21. С чем связан гидролиз цианистых растворов?
22. Какой реакции отвечает катодный участок в электрохимическом процессе цианирования золота?
23. Назовите металл, от конъюнктуры на который зависит объем выпуска платиновых металлов в РФ.
24. Извлечение цинка из сульфидных концентратов без предварительного обжига.
25. Гидрометаллургические схемы переработки коллективных сульфидных концентратов и промпродуктов.
26. Технология электрохимического растворения огарков, концентратов, вторсырья.
27. По какому показателю оценивают качество боксита и способ его дальнейшей переработки?
28. При выполнении каких условий методом декомпозиции из алюминатных растворов осаждается крупнокристаллический гидроксид алюминия?
29. Каково основное направление совершенствования комплексной переработки нефелинов?
30. Какова роль рудоподготовки нефелина и известняка в повышение показателей производства глинозема?

### **6.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

#### **6.3.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену**

1. Дайте характеристику современным направлениям в развитии гидрометаллургических технологий производства меди.
2. Дайте характеристику современным направлениям в развитии гидрометаллургических технологий производства никеля.
3. Дайте характеристику современным направлениям в развитии гидрометаллургических технологий производства цинка.
4. Дайте характеристику современным направлениям в развитии гидрометаллургических технологий производства алюминия.
5. Дайте характеристику современным направлениям в развитии гидрометаллургических технологий производства благородных металлов.
6. Дайте общее описание технологии переработки сульфидных медных концентратов пирометаллургическим методом.
7. Какие технологические принципы положены в основу плавки медь- и никельсодержащего сырья на штейн?
8. Назовите основные стадии формирования металлургических расплавов (шлака, штейна, шпейзы).
9. Дайте характеристику отражательной плавке меди (ее разновидности, удельный вес в производстве меди).
10. Какова роль автогенных процессов в металлургии цветных металлов. Их преимущества и недостатки.
11. Назовите основные направления интенсификации огневого и электролитического рафинирования.
12. В чем заключаются современные проблемы пирометаллургической переработки окисленных никелевых руд РФ?

13. В чем заключается пирометаллургическая переработка цинковых концентратов?
14. Что является основным источником тепла для поддержания температуры обжига цинковых концентратов в печи КС?
15. В каких печах проводят ликвационное рафинирование цинка?
16. Назовите современные методы выплавки свинца из сульфидных концентратов.
17. Назовите современные непрерывные процессы рафинирования черного свинца.
18. За счет чего может быть достигнута интенсификация автогенной плавки?
19. Чем компенсируют низкое содержание пирита в медных рудах?
20. С какой целью стараются кобальт сохранить в никелевом фанштейне?
21. Какими способами разделяют медь и никель, находящиеся в фанштейне?
22. За счет чего обычно снижают содержание серы в шихте до необходимой величины при одноступенчатом агломерирующем обжиге свинцовых концентратов?
23. Какая плавка является наименее предпочтительной с точки зрения образования отходящих газов?
24. В чем состоит основное достоинство плазменной плавки?
25. Чем обусловлена сложность эффективной переработки красных шламов?
26. Назовите полупродукты образующиеся при выщелачивании сульфидных цинковых концентратов. Как их в дальнейшем перерабатывают?
27. За счет чего возможно снижение потерь металла со шлаками?
28. Назовите современные способы переработки конвертерных шлаков в целях извлечения из них кобальта.
29. Способы переработки свинцовых шлаков текущей выдачи из шлаковых отвалов прошлых лет.
30. Назовите нетрадиционные сырьевые источники металлов платиновой группы.
31. Переработка какого золотосодержащего сырья осуществляется методом кучного выщелачивания?
32. Какие факторы осложняют рециклинг цинксодержащей сталеплавильной пыли?
33. Приведите существующие методы извлечения цинка из пыли черной металлургии, их достоинства и недостатки.

#### 6.4. Примерные тестовые задания к дифф. зачету

##### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Содержание цинка в перерабатываемых сульфидных цинковых концентратах обычно составляет, %	1. 5-10; 2. 10-15; 3. 15-35; 4. 40-55.
2.	Отметьте среди приведённых природных минералов меди халькопирит	1. $\text{CuFeS}_2$ ; 2. $\text{CuS}$ ; 3. $\text{Cu}_2\text{S}$ ; 4. $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ .
3.	Содержанием металла в концентрате называется	1. массовая единица; 2. объемная единица; 3. отношение массы металла в концентрате к массе металла в руде; 4. отношение массы металла в концентрате к массе концентрата.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
4.	Золотые руды, переработка которых в «стандартных» условиях цианирования не обеспечивает требуемого извлечения золота, называют	1. упорные; 2. бедные; 3. коренные; 4. забалансовые.
5.	Необходимость предварительного кондиционирования золотой руды перед цианированием определяется	1. наличием корольков золота; 2. присутствием углерода; 3. присутствием щелочных металлов; 4. присутствием электрума.
6.	Что относится к проблемам применения пиролиза для подготовки золотой руды к цианированию?	1. невозможность переработки пиритного и арсенопиритного концентратов; 2. большая длительность процесса; 3. плохая цианируемость золота из-за капсулирования в пирротине; 4. сера и мышьяк выделяются в элементарной форме.
7.	Наибольшей экономической эффективностью для переработки бокситов с кремневым модулем 3 обладает:	1. высокотемпературное выщелачивание; 2. параллельный способ Байер-спекание; 3. последовательный способ Байер-спекание; 4. способ Байера с переработкой красного шлама на стройматериалы.
8.	Комплексная безотходная переработка низкокачественных бокситов предусматривается в:	1. способе спекания с содой и известняком; 2. последовательном способе Байер-спекание; 3. способе Лабутина – Наумчика; 4. способе Кузнецова – Жуковского.
9.	Производство силикатных кирпичей при утилизации нефелиновых шламов основано на протекании реакции:	1. $\text{CaO} + \text{SiO}_2 = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ; 2. $2\text{NaOH} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; 3. $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + n\text{H}_2\text{O} = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ; 4. $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH}$ .
10.	Известный способ увеличения степени осаждения $\text{Al}_2\text{O}_3$ из алюминатных растворов цикла Байера основан на:	1. повышении затравочного отношения; 2. снижении температуры декомпозиции; 3. упарке и кристаллизации алюмината натрия; 4. осаждении гидроксида из низкоконцентрированных растворов.
11.	Предельный по содержанию алюминия состав электротермического сплава алюминия с кремнием определяется:	1. температурой процесса; 2. стехиометрией взаимодействия $\text{Al}_4\text{C}_3$ с $\text{SiO}_2$ ; 3. упругостью паров алюминия в газовой фазе; 4. активностью углеродистого восстановителя.
12.	К методам переработки богатых по золоту гравитационных концентратов относится	1. интенсивное цианирование; 2. конвертирование; 3. вельцевание; 4. сернокислотное выщелачивание.
13.	Отметьте среди приведенных природных минералов алюминия гидраргиллит:	1. $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 2. $(\text{K}, \text{Na})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ; 3. $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 4. $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
14.	Передовая технология сверхглубокого обескремнивания алюминатных растворов при переработке нефелиновых концентратов включает использование:	1. известкового молока; 2. твердых растворов CO <sub>2</sub> в четырехкальциевом гидроалюминате; 3. высокотемпературных автоклавных технологий; 4. каталитически активных известковых добавок.
15.	В современной промышленной практике основным методом получения металлического алюминия является:	1. электролиз расплава криолита; 2. электролиз криолито-глиноземного расплава; 3. электролиз расплава хлоридов алюминия; 4. восстановление Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> водородом.
16.	Вскрытие никелевой руды в аммиачном способе осуществляется путем:	1. восстановительного обжига и аммиачного растворения; 2. прямого автоклавного растворения никеля в карбонате аммония; 3. окислительного обжига и растворения в растворе карбоната аммония; 4. прямого растворения никеля в растворе карбоната аммония при атмосферных условиях.
17.	Выделение никеля из аммиачных растворов протекает по реакции:	1. Ni <sup>2+</sup> + 2OH <sup>-</sup> → Ni(OH) <sub>2</sub> ; 2. 2Ni <sup>2+</sup> + 2OH <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> → Ni <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ; 3. 2Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> CO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O → Ni <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 12NH <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub> ; 4. Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> <sup>2+</sup> + 6H <sub>2</sub> O + 2OH <sup>-</sup> → Ni <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> + 6NH <sub>4</sub> OH.
18.	Для извлечения тяжелых цветных металлов из низкоконцентрированных производственных растворов, включая карьерные и рудничные воды, чаще всего используется:	1. осаждение сульфидов; 2. осаждение гидроксидов известковым молоком; 3. цементация железным ломом; 4. осаждение основных карбонатов содовыми растворами.
19.	Жизнедеятельность бактерий, применяемых в гидрометаллургии цветных и редки металлов, обеспечивается за счет ассимиляции энергии:	1. окисления неорганических соединений; 2. окисления органических соединений; 3. солнечного света; 4. самопроизвольно протекающих восстановительных процессов при участии воды и минералов.
20.	Для сорбционного извлечения золота из цианистых растворов применяют:	1. катиониты; 2. аниониты; 3. неорганические сорбенты; 4. органические сорбенты природного происхождения.

### Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	К подготовительным процессам относится	1. дробление, измельчение и классификация;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		2. сгущение; 3. фильтрация; 4. флотация.
2.	Отметьте среди приведённых природных минералов меди ковеллин	1. CuFeS <sub>2</sub> ; 2. CuS; 3. Cu <sub>2</sub> S; 4. CuCO <sub>3</sub> ·Cu(OH) <sub>2</sub> .
3.	Сложность переработки упорных золотых сульфидных руд связана с	1. близкой плотностью сульфидных минералов; 2. высокой плотностью золота; 3. высокой температурой плавления золота; 4. тонкой вкрапленностью золота в сульфидные минералы.
4.	Что не относится к преимуществам применения сверхтонкого измельчения руды?	1. снижение температуры предварительной термообработки; 2. существенное снижение потерь золота с хвостами цианирования; 3. переработка пиритно-арсенопиритных руд; 4. осуществление твердофазных реакции без подвода тепла.
5.	К недостаткам автоклавного окислительного выщелачивания как подготовительной операции перед цианированием упорных сульфидных золотосодержащих материалов относится	1. высокие капитальные затраты; 2. жесткий контроль за выбросами SO <sub>2</sub> и As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; 3. большая длительность процесса; 4. плохая сплавляемость компонентов шихты.
6.	При электролитическом осаждении золота, после его десорбции из ионита, на катоде преимущественно протекает реакция:	1. [Au(ThiO) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup> + e = Au + 2ThiO; 2. Au + e <sup>-</sup> = Au; 3. AuCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 3e <sup>-</sup> = Au + 4Cl <sup>-</sup> ; 4. 2H <sup>+</sup> + 2e = H <sub>2</sub> .
7.	Что является основным недостатком пиролиза как метода кондиционирования золотой руды?	1. капсулирование золота в пирротине; 2. тонкие частицы золота в продукте; 3. пористая структура продукта; 4. сера и мышьяк выделяются в элементарной форме.
8.	Железо и цинк присутствуют в сталеплавильных пылях в форме	1. сульфидов; 2. оксидов и ферритов; 3. гидроксидов; 4. халькогенидов.
9.	Основные проблемы гидрометаллургических щелочных методов переработки цинксодержащих сталеплавильных пылей связаны	1. с высоким расходом восстановителя и коррозией футеровки печей; 2. с невозможностью вывода цинка из процесса, приводящей к его накоплению в улавливаемой пыли; 3. с невозможностью их использования по отношению к сырью, содержащему упорные ферритные формы цинка; 4. с невозможностью доизвлечения благородных металлов.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
10.	Принципиальное значение для отечественного платинометалльного комплекса, в отличие от других ведущих продуцентов МПГ, имеет:	1. конъюнктура никеля; 2. полиметаллический характер российских руд; 3. географическое положение заводов; 4. цены на МПГ.
11.	Сорбция благородных металлов активированными углями из цианистых пульп и растворов основана на:	1. положительном заряде их поверхности; 2. отрицательном заряде их поверхности; 3. электронейтральности их поверхности; 4. образовании устойчивых углеродистых комплексов.
12.	Гидрометаллургическая переработка богатых по золоту (более 100 г/т) гравиконоцентратов традиционным цианированием характеризуется	1. высоким извлечением золотом; 2. низким извлечением золота; 3. переходом золота в газовую фазу; 4. осаждением золота в твердую фазу.
13.	Для получения глинозема методом Байера наиболее приемлемым видом сырья являются	1. нефелиновые концентраты; 2. бокситы гидраргилитового типа с низким содержанием кремнезема; 3. бокситы диаспорового типа; 4. бокситы гидраргилитового типа с высоким содержанием кремнезема.
14.	Главная проблема получения глинозема из нефелинов заключается в	1. в необходимости практически полного разделения элементов Al (III) и Si (IV); 2. в необходимости утилизации отвалов красных шламов; 3. в попутном извлечении благородных металлов; 4. в необходимости поддержания температуры спекания выше 2000 °С.
15.	Главное преимущество кислотных способов переработки высококремнистого алюминиевого сырья заключается в:	1. использовании дешевых химических реактивов; 2. получении дорогостоящей продукции; 3. простоте регенерации оборотных материалов; 4. снижении затрат по переделу вскрытия.
16.	Основной катодный процесс при цементации галлия из алюминатных растворов:	1. $2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2$ ; 2. $\text{Ga}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Ga}$ ; 3. $\text{H}^+ + \bar{e} \rightarrow \frac{1}{2}\text{H}_2$ ; 4. $\text{Ga}(\text{OH})_4^- + 3\bar{e} \rightarrow \text{Ga} + 4\text{OH}^-$ .
17.	Для глубокого обескремнивания алюминатных растворов используют:	1. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; 2. $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ ; 3. $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 0,5\text{CO}_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ ; 4. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot (6-2n)\text{H}_2\text{O}$ .
18.	Для получения алюминия из водного раствора солей необходимо:	1. увеличить поляризацию катодного выделения водорода; 2. снизить равновесный катодный потенциал алюминия; 3. уменьшить поляризацию анодного процесса; 4. использовать катализаторы катодного процесса.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
19.	Сернокислотное выщелачивание окисленных никелевых руд осуществляется в:	1. автоклавах из нержавеющей стали; 2. автоклавах, футерованных кислотостойкой эмалью; 3. автоклавах, футерованных титаном; 4. батарее реакторов при атмосферном давлении с интенсивным механическим перемешиванием.
20.	Сернокислотный способ применим для переработки никелевых руд:	1. с повышенным содержанием железа; 2. с повышенным содержанием кобальта; 3. сульфидного типа; 4. с пониженным содержанием магнезия.

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	К причинам, осложняющим флотационное обогащение медно-цинковых руд, не относится	1. плотность минералов; 2. характер вкрапленности минералов меди, цинка, пирита; 3. близость флотационных свойств сульфидов меди, цинка и железа; 4. сложность вещественного состава руды.
2.	Отметьте среди приведённых природных минералов меди халькозин	1. $\text{CuFeS}_2$ 2. $\text{CuS}$ 3. $\text{Cu}_2\text{S}$ 4. $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
3.	При использовании тионовых железобактерий в процессе выщелачивания основным реагентом, обеспечивающим извлечение цветных металлов в раствор, является:	1. кислород; 2. сера; 3. серная кислота; 4. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .
4.	К методам, позволяющим интенсифицировать процесс цианирования упорных сульфидных золотосодержащих руд, не относится	1. автоклавное окислительное выщелачивание; 2. биовыщелачивание; 3. окислительный обжиг; 4. восстановительный обжиг.
5.	К недостаткам биоокислительного выщелачивания как подготовительной операции перед цианированием упорных золотосодержащих материалов относится	1. высокие капитальные затраты; 2. жесткий контроль за выбросами $\text{SO}_2$ и $\text{As}_2\text{O}_3$ ; 3. большая длительность процесса; 4. плохая сплавляемость компонентов шихты.
6.	Какой эффект не является осложнением при окислительном обжиге золотой руды?	1. потери золота с отходящими газами; 2. оплавление рудных частиц; 3. высокий расход кокса; 4. капсулирование золота рекристаллизованным гематитом.
7.	Что относится к недостаткам процесса выщелачивания золота цианистыми растворами?	1. высокая селективность растворителя; 2. токсичность цианистых соединений; 3. высокое извлечение золота; 4. простота аппаратного оформления.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
8.	Основная проблема прямого возврата цинксодержащих сталеплавильных пылей в основное производство связана	<ol style="list-style-type: none"> <li>с высоким расходом восстановителя и коррозией футеровки печей;</li> <li>с невозможностью вывода цинка из процесса, приводящей к его накоплению в улавливаемой пыли;</li> <li>с невозможностью их использования по отношению к сырью, содержащему упорные ферритные формы цинка;</li> <li>с невозможностью доизвлечения благородных металлов.</li> </ol>
9.	Низкие показатели по извлечению цинка из сталеплавильных пылей щелочными растворами обусловлены присутствием цинка в форме	<ol style="list-style-type: none"> <li>ферритов цинка;</li> <li>сульфидов;</li> <li>халькогенидов;</li> <li>элементарной.</li> </ol>
10.	К металлам платиновой группы относятся	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pt, Pd;</li> <li>Pb, Os;</li> <li>Ir, Cu;</li> <li>Pt, Au.</li> </ol>
11.	В качестве перспективного сырьевого источника платиновых металлов выступают	<ol style="list-style-type: none"> <li>медные порфиновые руды;</li> <li>хромитовые руды;</li> <li>бокситы;</li> <li>шламы электролиза никеля.</li> </ol>
12.	Гравитационные методы обогащения не позволяют извлечь	<ol style="list-style-type: none"> <li>свободное крупное золото;</li> <li>крупное в рубашке;</li> <li>крупное золото в сростках с сульфидами;</li> <li>тонкодисперсное золото.</li> </ol>
13.	$Al_2O_3$ и $Na_2CO_3$ получают при переработке	<ol style="list-style-type: none"> <li>нефелиновых концентратов;</li> <li>бокситов гидраргилитового типа с низким содержанием кремнезема;</li> <li>бокситов диаспорового типа;</li> <li>бокситов гидраргилитового типа с высоким содержанием кремнезема.</li> </ol>
14.	При выщелачивании нефелиновых спеков $SiO_2$ осаждается в виде:	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O</math>;</li> <li><math>3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot (6-2m)H_2O</math>;</li> <li><math>2CaO \cdot SiO_2</math>;</li> <li><math>CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O</math>.</li> </ol>
15.	Преимущество нефелинов перед другими сырьевыми источниками алюминия заключается в:	<ol style="list-style-type: none"> <li>высоком содержании <math>Al_2O_3</math>;</li> <li>низком содержании вредных примесей;</li> <li>комплексном характере;</li> <li>его доступности и простоте переработки.</li> </ol>
16.	Основная цель автоклавного вскрытия пирротинового концентрата на Надеждинском металлургическом заводе (НГМК) – это обеспечение:	<ol style="list-style-type: none"> <li>наибольшего выхода в раствор цветных металлов;</li> <li>наибольшего выхода в раствор железа;</li> <li>наименьшего выхода элементарной серы;</li> <li>наибольшего выхода элементарной серы.</li> </ol>
17.	Условием эффективного протекания кучного выщелачивания золота является использование руд:	<ol style="list-style-type: none"> <li>коренных месторождений;</li> <li>россыпных месторождений;</li> <li>с низким содержанием примесей;</li> <li>с высокой пористостью.</li> </ol>



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
18.	Согласно современным представлениям селективность сорбции металлов из цианистых растворов определяется:	1. величиной константы нестойкости комплекса; 2. равновесным электродным потенциалом металла; 3. молекулярной массой металла; 4. величиной энергии гидратации иона.
19.	Наиболее интенсивный режим выщелачивания цинкового огарка обеспечивается в:	1. пачуке; 2. реакторе кипящего слоя; 3. механическом агитаторе с диффузором; 4. перколяторе.
20.	Альтернативный способ переработки сульфидных цинковых руд и концентратов заключается в:	1. автогенной плавке; 2. прямом растворении азотной кислотой; 3. автоклавном щелочном растворении цинка; 4. автоклавном окислительно-сернокислотном вскрытии.

#### 6.4.2. Примерные тестовые задания к экзамену

##### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	К механическим способам подготовки руды к металлургической переработке относится:	1. обжиг; 2. брикетирование; 3. классификация; 4. автоклавное выщелачивание.
2.	К гидрометаллургическим процессам не относится:	1. выщелачивание; 2. экстракция; 3. дистилляция; 4. сорбция.
3.	75 % пирита в руде необходимы для:	1. извлечения серы из отходящих газов; 2. обеспечения комплексности использования медных руд; 3. образования богатых штейнов; 4. проведения пиритной плавки в соответствии с главными процессами на фурмах.
4.	10 % коксика в медносерной шахтной плавке необходимы для:	1. обеспечения теплового баланса; 2. предотвращения окисления сульфидов в подготовительной зоне; 3. формирования шлака оптимального состава; 4. обеспечения восстановительного потенциала газовой фазы.
5.	Шлаки медных плавок – это:	1. сплав оксидов и сульфидов; 2. сплав оксидов меди, железа и кремния; 3. сплав кислотных оксидов и основных оксидов; 4. сплав силикатов, ферритов, фосфатов, алюминатов.
6.	В процессе электрорафинирования меди благородные металлы концентрируются в:	1. электролите; 2. катоде; 3. шламе;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. распределяются между электролитом и шламом.
7.	При конвертировании никелевых штейны в первую очередь окисляется:	1. Fe; 2. FeS; 3. Ni; 4. Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
8.	В файнштейнах, получаемых при конвертировании медно-никелевых штейнов, обычно оставляют 2,5-3,5% железа с целью:	1. снижения температуры плавления файнштейна; 2. как можно более полного извлечения в файнштейн кобальта; 3. улучшения структуры файнштейна при его охлаждении; 4. повышения хрупкости файнштейна после его затвердевания.
9.	Гидрометаллургическая переработка файнштейнов по технологии завода "Харьяваята" основана на выщелачивании растворами:	1. сернистокислыми; 2. хлористыми; 3. сернокислыми; 4. азотнокислыми.
10.	Гидрометаллургическая переработка файнштейнов по технологии "Фалконбридж" основана на выщелачивании растворами:	1. сернистокислыми; 2. хлористыми; 3. азотнокислыми; 4. сернокислыми.
11.	Основной целью кислого выщелачивания цинкового огарка является:	1. как можно более полное извлечение в раствор из огарка цинка; 2. более глубокая очистка раствора от примесей гидролитическим путем, чем при нейтральном выщелачивании огарка; 3. окисление Fe(II) в растворе до Fe(III) кислородом воздуха; 4. селективное извлечение в раствор из огарка меди и кадмия.
12.	Вывод железа из цинковых растворов при противоточном выщелачивании основан на:	1. различной растворимости Fe <sup>3+</sup> в нейтральном и кислом растворах; 2. осаждении Fe <sup>3+</sup> при нейтральном выщелачивании; 3. низкой скорости растворения продуктов гидролиза Fe <sup>3+</sup> при кислом выщелачивании; 4. осаждении Fe <sup>3+</sup> при кислом выщелачивании.
13.	Укажите электрохимическую реакцию, которая должна протекать в первую очередь на катоде в условиях обратимого процесса электролиза раствора сульфата цинка, содержащего примеси:	1. $2H_3O^+ + 2e = H_2 + 2H_2O$ ; 2. $Zn^{2+} + 2e = Zn^0$ ; 3. $Co^{2+} + 2e = Co^0$ ; 4. $Cu^{2+} + 2e = Cu^0$ .
14.	Что используется в качестве восстановителя Zn при вельцевании:	1. коксик; 2. водород; 3. мазут; 4. железо.
15.	Основными источниками тепла при агломерирующем обжиге сульфидных свинцовых концентратов являются:	1. реакции окисления сульфидов металлов до оксидов; 2. реакции окисления сульфидов металлов до сульфатов;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		3. горение углеродистого топлива в шихте; 4. реакции взаимодействия между собой оксидов металлов в шихте.
16.	В практике свинцового производства для агломерирующего обжига свинцовых концентратов в основном используют:	1. печи отражательного типа; 2. котлы и чаши с решетками; 3. ленточные спекательные машины; 4. трубчатые вращающиеся печи.
17.	Растворение золота и серебра в цианистых растворах можно рассматривать как результат действия:	1. короткозамкнутого гальванического элемента; 2. анодной поляризации; 3. катодной поляризации; 4. концентрационной поляризации.
18.	Какой металл является основным в цементных золотых осадках	1. медь; 2. золото; 3. серебро; 4. цинк.
19.	Содержание цинка в сталеплавильных пылях, %	1. до 1; 2. до 10; 3. до 20; 4. до 50.
20.	Основные проблемы термических методов переработки цинксодержащих сталеплавильных пылей связаны с	1. высоким расходом восстановителя и коррозией футеровки печей; 2. невозможностью вывода цинка из процесса, приводящей к его накоплению в улавливаемой пыли; 3. невозможностью их использования по отношению к сырью, содержащему упорные ферритные формы цинка; 4. невозможностью доизвлечения благородных металлов.

### Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	В отвалах и хвостохранилищах складируются	1. хвосты обогащения; 2. концентраты; 3. промежуточные продукты; 4. руда.
2.	Разделение расплава на штейн и шлак возможно за счет различия в их:	1. температуре плавления; 2. электропроводности; 3. плотности; 4. теплопроводности.
3.	Медный штейн – это:	1. сплав сульфидов и оксидов; 2. сплав меди и ее сульфида; 3. сульфид меди; 4. сплав сульфидов меди, железа, примесей и магнетита.
4.	Для предупреждения перехода серебра в электролит электрорафинирования меди добавляют:	1. $\text{Na}_2\text{S}$ ; 2. $\text{NaCl}$ ; 3. $\text{NaOH}$ ; 4. $\text{NaNO}_3$ .
5.	Кучное выщелачивание применяется для:	1. низкосортных медных руд; 2. потерянной при шахтной добыче

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		медной руды; 3. богатых оксидных медных руд; 4. богатых сульфидных медных руд.
6.	Автоклавное окислительное выщелачивание применяется для:	1. низкосортных медных руд; 2. потерянной при шахтной добыче медной руды; 3. богатых оксидных медных руд; 4. богатых сульфидных медных руд.
7.	Омеднение никелевых катодов возникает при:	1. падении температуры до 20°C; 2. повышении концентрации меди в католите более 4 мг/л ; 3. повышении кислотности электролита; 4. повреждении диафрагмы.
8.	Никельэлектролитные шламы медно-никелевого производства характеризуются повышенным содержанием:	1. золота, серебра; 2. железа; 3. диоксида кремния; 4. металлов платиновой группы.
9.	Технология переработки электролитных шламов медно-никелевого производства комбината Североникель основана на использовании	1. двойной сульфатизации; 2. электрорастворения вторичных анодов; 3. щелочного выщелачивания; 4. сульфидного выщелачивания.
10.	Технология переработки электролитных шламов медно-никелевого производства комбината НГМК основана на использовании	1. щелочного выщелачивания; 2. двойной сульфатизации; 3. электрорастворения вторичных анодов; 4. сульфидного выщелачивания.
11.	Переработку цинковых кеков вельц-процессом осуществляют на практике:	1. в печах шахтного типа; 2. в печах кипящего слоя; 3. в трубчатых вращающихся печах; 4. на агломерационных машинах.
12.	При переработке оксидных цинксодержащих материалов вельц-процессом в возгоны из сырья извлекается основная масса:	1. Zn, Fe, Cd; 2. Zn, Cd, Cu; 3. Pb, Cd, Zn; 4. Zn, Pb, Fe.
13.	Тепловые потребности различных вариантов автогенных процессов плавки сульфидных свинцовых концентратов обеспечиваются в основном за счет:	1. подогрева дутья; 2. реакций окисления сульфидов металлов до сульфатов; 3. сжигания дополнительного топлива; 4. реакций окисления сульфидов металлов до оксидов.
14.	Выберите реакцию, за счет которой в основном получается свободный свинец при восстановительной шахтной плавке свинцового агломерата:	1. $PbO + H_2 = Pb + H_2O$ ; 2. $PbO + Fe = Pb + FeO$ ; 3. $2PbO + PbS = 3Pb + SO_2$ ; 4. $PbO + CO = Pb + CO_2$ .
15.	Форма растворимого цианистого комплекса Au:	1. $[Au_3(CN)_4]^-$ ; 2. $[Au(CN)_2]^-$ ; 3. $[Au_5(CN)_6]^-$ ; 4. $[Au_6(CN)_7]^-$ .
16.	При связывании катиона золота в прочный цианистый комплекс ox – red потенциал золота	1. сильно возрастает; 2. сильно уменьшается; 3. незначительно возрастает; 4. незначительно уменьшается.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
17.	При разбавлении щелочных алюминатных растворов их каустический модуль:	1. уменьшается; 2. растёт; 3. не изменяется; 4. стремится к нулю.
18.	Преимущество нефелинов перед другими сырьевыми источниками алюминия заключается в:	5. высоком содержании $Al_2O_3$ ; 6. высоком качестве по $\mu_s$ ; 7. низком содержании вредных примесей; 8. комплексном характере.
19.	Что такое анодный эффект?	1. остановка процесса с выделением $CF_4$ и $C_2F_6$ ; 2. катодное перенапряжение; 3. выделение газов $CO$ и $CO_2$ ; 4. пассивация анода.
20.	Температура электролита при электролизе алюминия?	1. 970; 2. 660; 3. 900; 4. 870.

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Шлак представляет собой сплав	1. хлоридов; 2. металлов; 3. сульфидов; 4. оксидов.
2.	Основными составляющими штейновых расплавов, получаемых при переработке сырья тяжёлых цветных металлов, являются:	1. $Cu_2O$ , $Ni_3S_2$ , $FeS_2$ , $ZnS$ , $PbS$ ; 2. $CuFeS_2$ , $Ni_3S_2$ , $Fe(OH)_2$ , $ZnS$ , $PbS$ ; 3. $Cu_2S$ , $Ni_3S_2$ , $FeS$ , $ZnS$ , $PbS$ ; 4. $CuFeS_2$ , $Ni_3S_2$ , $FeS$ , $ZnS$ , $SiO_2$ .
3.	Главной основой плавок медь- и никельсодержащего сырья на штейн является:	1. отличие в прочности соединений различных металлов с серой и кислородом; 2. плохая взаимная растворимость штейновых и шлаковых расплавов; 3. различие плотности штейновых и шлаковых расплавов; 4. диссоциация высших сульфидов металлов при высших температурах с образованием низших сульфидов.
4.	Основным источником тепла в автогенных процессах плавки сульфидных медных концентратов является:	1. окисление сульфидов железа; 2. подогретое дутьё; 3. окисление сульфидов меди; 4. горение топлива.
5.	Отметьте суммарную реакцию первого периода процесса конвертирования медного штейна:	1. $2FeS + 3O_2 = 2FeO + 2SO_2$ ; 2. $2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2$ ; 3. $CuS + O_2 = Cu + SO_2$ ; 4. $Cu_2S + O_2 = 2Cu + SO_2$ .
6.	В ходе первого периода конвертирования медных штейнов в первую очередь окисляется:	1. $ZnS$ ; 2. $Cu_2S$ ; 3. $Ni_3S_2$ ; 4. $FeS$ .
7.	Укажите среди перечисленных природных минералов никеля пентлантит:	1. $NiS$ ; 2. $Ni_3S_2$ ; 3. $NiO$ ;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. (Ni,Fe)S.
8.	Окисленные никелевые руды – это:	1. пентландит, бунзениит, миллерит, гарниерит, треворит; 2. миллерит, треворит, гарниерит, заратит, пентландит; 3. гарниерит, бунзениит, ревинскит, треворит, заратит; 4. миллерит, пентландит, гарниерит, треворит, бунзениит.
9.	Агломерирующий обжиг окисленных никелевых руд перед восстановительно-сульфидирующей плавкой в шахтных печах проводят с целью:	1. глубокого обезвоживания руды; 2. окускования руды; 3. подогрева руды; 4. сульфидирования никеля и части железа.
10.	Сульфидизаторами железа и никеля при шахтной плавке окисленных никелевых руд служит:	1. элементарная сера; 2. гипс или пирит; 3. сероводород; 4. кокс.
11.	Отметьте основную реакцию сульфатизирующего обжига цинкового концентрата:	1. $ZnO + SO_3 = ZnSO_4$ ; 2. $ZnS + 4SO_3 = ZnSO_4 + 4SO_2$ ; 3. $ZnSO + 2O_2 = ZnSO_4 + Fe_2O_3$ ; 4. $ZnFe_2O_4 + SO_3 = ZnSO_4$ .
12.	Окислительный обжиг цинковых концентратов в печах кипящего слоя для последующей переработки огарка гидрометаллургическим способом преимущественно ведут при температурах, °С:	1. 750-800; 2. 650-750; 3. 800-900; 4. 900-1000.
13.	Основой для нейтрального выщелачивания цинкового огарка является:	1. различие растворимости в воде сульфатов металлов; 2. различие скорости растворения соединений металлов, находящихся в огарке, в водных растворах серной кислоты; 3. различие величин произведений растворимости сульфидов металлов; 4. различие величин равновесных значений рН гидратообразования цинка и других металлов, находящихся в огарке.
14.	Отметьте реакцию, по которой в основном переходит цинк в раствор при выщелачивании цинкового огарка раствором серной кислоты в обычных условиях:	1. $ZnS + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2S$ ; 2. $ZnO \cdot 2ZnSO_4 + H_2SO_4 = 3ZnSO_4 + H_2O$ ; 3. $2ZnO \cdot SiO_2 + 2H_2SO_4 = 2ZnSO_4 + H_4SiO_4$ ; 4. $ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$ .
15.	Восстановительная плавка свинцового агломерата проводится в:	1. трубчатых вращающихся печах; 2. отражательных печах; 3. электродуговых печах; 4. шахтных печах.
16.	Оборотный агломерат вводят в шихту при одноступенчатом агломерирующем обжиге свинцовых концентратов в основном с целью:	1. повышения газопроницаемости шихты; 2. повышения в шихте доли оксидов металлов; 3. снижения в шихте содержания свинца; 4. снижения содержания серы в шихте до

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		требуемой величины.
17.	В процессе электрорафинирования меди благородные металлы концентрируются в:	1. электролите; 2. катоде; 3. аноде; 4. шламе.
18.	Для растворения золота в цианистом растворе необходим дополнительный реагент	1. известь; 2. едкий натр; 3. кислород; 4. водород.
19.	Алюминат натрия в водном щелочном растворе:	1. преимущественно образует гидроксокомплекс $Al(OH)_4^-$ ; 2. находится в виде ионов $AlO_2^-$ ; 3. образует смесь ионов $Al^{3+}$ и $AlO_2^-$ ; 4. полностью гидролизуется с образованием осадка $Al(OH)_3$ .
20.	Термодинамическая основа способа Байера заключается в:	1. зависимости растворимости $Al_2O_3$ от температуры и концентрации щелочи; 2. различии в скорости растворения $Al_2O_3$ и $SiO_2$ ; 3. образовании пересыщенных растворов; 4. возможности повторного применения оборотных щелочных растворов.

### 6.5. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий дифференцированного зачета:*

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:**

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

**Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)**

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены



**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:**

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**7.1. Основная литература**

1. Металлургия цветных металлов: учебник / В.М. Сизяков и др. СПб.: Горн. ун-т, 2015. 392 с.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=402](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402)
2. Уткин Н.И. Производство цветных металлов. М.: Интермет Инжиниринг, 2002. 442 с.
3. Петров Г.В. Металлургия тяжелых и благородных металлов: учеб. пособие / Г.В. Петров, А.Я. Бодуэн, С.Б. Фокина. Санкт-Петербург: Лема, 2017. 184 с.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=static\\_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=6%D0%9F3%2E2%2F%D0%9F%2030%2D786621671<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=static_req&bnstring=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=6%D0%9F3%2E2%2F%D0%9F%2030%2D786621671<.>)
4. Стрижко Л.С. Металлургия золота и серебра: Учеб. пособие. М.: МИСИС, 2001. 336 с.
5. Петров Г.В. Современное состояние и технологические перспективы производства платиновых металлов из хромитовых руд. СПб.: Недра, 2001. 200 с.
6. Платиновые металлы в гипергенных никелевых месторождениях и перспективы их промышленного извлечения / В.Г. Лазаренков и др. СПб.: Недра, 2006. 188 с.
7. Металлургия благородных металлов: Учебник для вузов / Под общ. ред. Л.В. Чугаева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1987. 432 с.
8. Платинометалльные месторождения мира. Т.2: Платиносодержащие хромитовые и титаномагнетитовые месторождения / Д.А.Додин. М.: ООО "Геоинформцентр", 2003. 409 с.

**7.2. Дополнительная литература**

1. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов / С.С. Набойченко, Л.П. Ни, Я.М. Шнеерсон и др.; Под ред. С.С. Набойченко. Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. 940 с.
2. Современные проблемы металлургии и материаловедения благородных металлов: учеб. пособие / С.И. Лолейт и др. Москва: МИСИС, 2012. 196 с.  
<https://e.lanbook.com/book/47428>

**7.3. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
2. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>
4. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
5. Портал металлургической отрасли: <http://www.infogeo.ru>
6. Термодинамические базы данных: <http://www.factsage.com>,  
<http://www.chem.msu.su/rus/handbook/ivtan>
7. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»:  
<https://e.lanbook.com/books>
8. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):

9. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
10. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
11. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru>
12. Электронно-библиотечная система «SciTecLibrary»: <http://www.sciteclibrary.ru>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных и практических занятий**

Специализированная аудитория, используемая при проведении лекционных и практических занятий, оснащена мобильным интерактивным комплексом, позволяющим демонстрировать текстовые и графические материалы.

Мебель: стол Canvaro ASSMANN – 16 шт., компьютерное кресло 7873 A2S – 1 шт., стул 7874 A2S – 30 шт., доска белая Magnetoplan C2000x1000 мм, эмал.покрыт, магн/марк, 12 409 CC – 1 шт., тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Vitaco ASSMANN – 1 шт.

Компьютерная техника: мобильный интерактивный комплекс – 1 шт.

Лаборатории оснащены химическим оборудованием, реактивами и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Производство цветных металлов».

Мебель лабораторная:

доска аудиторная – 1 шт., стол ученический – 6 шт., стол для весов – 2 шт., тумба для документов – 3 шт., шкаф для хранения реактивов – 2 шт., стол приборный с большой полкой – 4 шт., шкаф для книг – 3 шт., стул – 13 шт., стол преподавателя – 1 шт., шкаф – 1 шт., стол-мойка двойной – 1 шт.

стол для весов большой – 1 шт., стол лабораторный нержавеющий – 12 шт., стол приборный без полки – 1 шт., шкаф-тумба – 1 шт., шкаф вытяжной для нагрев. печи – 1 шт., шкаф вытяжной стандартный с водой – 2 шт., шкаф для хранения реактивов – 2 шт., шкаф платяной – 1 шт., табурет – 12 шт., стол-мойка с сушилкой – 2 шт., стол офисный – 2 шт., тумбы для документов – 2 шт., технологическая приставка без воды – 12 шт., полка с дверцами – 6 шт., тумба подкатная – 4 шт., стул «ИСО» - 3 шт.

Оборудование и приборы:

титровальная установка – 1 шт., реактор с мешалкой – 1 шт., термостат – 2 шт., рН-метр- милливольтметр рН-673.М – 1 шт., магнитная мешалка – 5 шт., устройство для перемешивания (10 мест) – 1 шт., весы лабораторные ВЛР-200 – 1 шт., печь трубчатая СНОЛ 0,2/1250 С – 1 шт., весы лабораторные – 1 шт., сушильный шкаф – 1 шт., плакат в рамке под стеклом – 4 шт., лабораторная посуда и химические реактивы, огнетушитель – 1 шт.

воздуходувка электрическая (550 Вт, производительность. 3,8 м<sup>3</sup>/мин) – 2 шт., микроскоп «Полам Р-312» – 1 шт., микроскоп «Полам Р-32» – 1 шт.; микроскоп МИМ-5 – 1 шт., твердомер ТБ-5004 – 1 шт., твердомер ТБ-5006 – 2 шт., печь лабораторная – 4 шт., печь лабораторная трубчатая – 1 шт., печь муфельная МИМП-10П – 1 шт., вакуумный насос VR1,5-12 – 3 шт., весы ВЛТ-1500-П 1кг с калибровочной гирей 2к – 1 шт., универсальный твердомер HBRV-187.5 – 1 шт., универсальная лабораторная муфельная печь МИМП-3П – 2 шт., печь трубчатая СНОЛ-0,2/1250 – 2 шт., печь высокотемпературная камерная ПВК-1,6-5 – 1 шт., плакат в рамке под стеклом – 2 шт., лабораторная посуда и химические реактивы; огнетушитель – 1 шт.

Компьютерная техника:

мультимедийный блок – 1 шт.,

моноблок 24” Asus ET2411IUKI – 2 шт. (с возможностью подключения к сети «Интернет»), сканер – HP ScanJet 3500C – 1 шт., принтер «Canon LBP-800» - 1 шт.

## **8.2. Помещения для самостоятельной работы**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники», ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования», ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования», Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

## **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

## **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)