

**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**  
**профессор В.Н. Бричкин**

---

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**МЕТАЛЛУРГИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

|                                     |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|
| <b>Уровень высшего образования:</b> | Бакалавриат                  |
| <b>Направление подготовки:</b>      | 22.03.02 Металлургия         |
| <b>Направленность (профиль):</b>    | Металлургия цветных металлов |
| <b>Квалификация выпускника:</b>     | бакалавр                     |
| <b>Форма обучения:</b>              | очная                        |
| <b>Составитель:</b>                 | профессор Петров Г.В.        |

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Металлургия благородных металлов»** составлена:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «22.03.02 Metallургия», утвержденного приказом Минобрнауки России № 702 от 02.07.2020 г.;
- на основании учебного плана по направлению подготовки «22.03.02 «Metallургия» направленность (профиль) «Metallургия цветных металлов».

Составитель \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Г.В. Петров

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры металлургии от 27.01.2022 г., протокол № 12.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор В.Н. Бричкин

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина «Металлургия благородных металлов» является одной из основных профилирующих дисциплин в системе подготовки бакалавров. Основной целью дисциплины является овладение бакалаврами основ теоретических и технологических знаний в области металлургии благородных металлов, необходимых для формирования металлурга широкого профиля.

### **Цель изучения дисциплины:**

- теоретическое обоснование и разработка технологических процессов получения благородных металлов;
- разработка и осуществление энерго- и ресурсосберегающих технологий в области металлургии благородных металлов;
- разработка проектов промышленных агрегатов и оборудования, применяемых для получения и аффинажа золота, серебра и металлов платиновой группы.

Задачи курса – изучение теории, технологии и аппаратурного оформления основных процессов металлургии золота, серебра и платиновых металлов.

### **Основными задачами дисциплины являются:**

- изучение теории, технологии и аппаратурного оформления основных процессов металлургии золота, серебра и платиновых металлов;
- овладение методами термодинамического анализа физико-химических систем с участием благородных металлов; методиками определения кинетических характеристик гетерогенных пиро- и гидрометаллургических процессов получения благородных металлов; методами системного анализа технологических схем переработки рудного и техногенного сырья, содержащего благородные металлы; методиками расчета основного металлургического оборудования, применяемого в металлургии благородных металлов; методами прогнозирования поведения благородных металлов в процессах переработки многокомпонентного рудного сырья.
- формирование: представлений о роли благородных металлов в современной науке, промышленности и экономике в мире; теоретических и прикладных знаний об особенностях физико-химического поведения благородных металлов в металлургических процессах; навыков практического применения полученных знаний в данной области; способностей для внедрения новых технологий; мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области металлургии благородных металлов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Металлургия благородных металлов» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «22.03.02 Металлургия» и изучается в 8 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Металлургия благородных металлов» являются: «Химия», «Физическая химия», «Основы обогащения руд», «Металлургические технологии производства и обработки металлов», «Теория гидрометаллургических процессов».

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

Процесс изучения дисциплины «Металлургия благородных металлов» направлен на формирование следующих компетенций:

| Формируемые компетенции  |                 | Код и наименование индикатора достижения компетенции  |
|--|-----------------|---|
| Содержание компетенции   | Код компетенции |   |
| Способен выбирать технологии переработки конкретного вида минерального сырья и производить расчеты основных металлургических операций              | ПКС-3           | ПКС-3.1. <b>Знает</b> технологии и физико-химические процессы получения цветных и благородных металлов из минерального сырья.<br>ПКС-3.3. <b>Применяет</b> меры по предупреждению и профилактике непроизводительных потерь, простоев и аварий, нерационального расходования материальных ресурсов и энергоносителей<br>ПКС-3.4. <b>Владеет</b> методиками расчета материальных потоков, потребностей материально-технических ресурсов, включая энергоносители   |
| Способен анализировать металлургические технологии с точки зрения образования отходов производства и возможных путей их использования и утилизации | ПКС-7           | ПКС-7.1. <b>Знает</b> основные технологии производства цветных металлов, состав и количество твердых, жидких и газообразных отходов образующихся при их реализации; способы утилизации и возможности использования отходов металлургического производства направленные на извлечение ценных компонентов или применение в смежных отраслях промышленности<br>ПКС-7.2. <b>Умеет</b> разрабатывать производственные программы и задания по повышению извлечения цветных металлов и их соединений из рудного и техногенного сырья, очистки промывных и сточных вод, газообразных отходов<br>ПКС-7.3. <b>Принимает</b> проектные и технологические решения по выбору рационального способа утилизации отходов производства |

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часов.

| Вид учебной работы                      | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|---|-----------------|-----------------------|
|   |                 | 8                     |
| <b>Аудиторные занятия, в том числе:</b> | <b>66</b>       | <b>66</b>             |
| Лекции                                  | 33              | 33                    |
| Практические занятия (ПЗ)               | 11              | 11                    |

|   |                 |              |              |
|---|-----------------|--------------|--------------|
| Лабораторные работы (ЛР)                                    |                 | 22           | 22           |
| <b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b> |                 | <b>42</b>    | <b>42</b>    |
| Подготовка к практическим занятиям                          |                 | 14           | 14           |
| Подготовка к лабораторным работам                           |                 | 22           | 22           |
| Подготовка к к/р  |                 | 6            | 6            |
| <b>Вид промежуточной аттестации – экзамен</b>               |                 | <b>36(Э)</b> | <b>36(Э)</b> |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>                        | <b>ак. час</b>  | <b>144</b>   | <b>144</b>   |
|   | <b>зач. ед.</b> | <b>4</b>     | <b>4</b>     |

## 4.2 Содержание дисциплины

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

### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование разделов   | Виды занятий    |           |                      |                     |                                 |
|-------|---|-----------------|-----------|----------------------|---------------------|---------------------------------|
|       |   | Всего ак. часов | Лекции    | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа студента |
| 1.    | Оборудование и схемы дробления и измельчения руд благородных металлов               | 10              | 2         | 2                    | 2                   | 4                               |
| 2.    | Цианирование руд и концентратов   | 27              | 6         | 5                    | 10                  | 6                               |
| 3.    | Сорбционно-экстракционные процессы извлечения золота и серебра из растворов и пульп | 16              | 6         | -                    | 4                   | 6                               |
| 4.    | Схемы и практика работы золотоизвлекательных фабрик                                 | 10              | 2         | 2                    | -                   | 6                               |
| 5.    | Вторичная металлургия благородных металлов  | 14              | 4         |                      | 4                   | 6                               |
| 6.    | Аффинаж золота и серебра  | 19              | 6         | 2                    | 2                   | 8                               |
| 7.    | Производство платиновых металлов  | 12              | 7         |                      |                     | 6                               |
|       | <b>Итого:</b>   | <b>108</b>      | <b>33</b> | <b>11</b>            | <b>22</b>           | <b>42</b>                       |

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                                       | Содержание лекционных занятий   | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|---|---|--------------------------|
| 1.    | Оборудование и схемы дробления и измельчения руд благородных металлов | Рудные и россыпные месторождения золота. Важнейшие минералы золота. Состав и крупность самородного золота. Классификация золотосодержащих руд по вещественному составу и технологическим свойствам. Основные типы руд и месторождений серебра. Важнейшие минералы серебра. География добычи и производства благородных металлов в России и за | 2                        |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела<br>дисциплины   | Содержание лекционных занятий   | Трудоемкость<br>в ак. часах |
|----------|---|---|-----------------------------|
|          |   | <p>рубежом.<br/>Схемы дробления и измельчения, применяемые на золотоизвлекательных фабриках. Оборудование для дробления и измельчения. Гравитационные аппараты для извлечения свободного золота. Схемы золотоизвлекательных фабрик, применяющих гравитационный метод.</p>   |                             |
| 2.       | Цианирование руд и концентратов   | <p>Термодинамика цианистого процесса. Кинетика и механизм растворения золота и серебра в цианистых растворах. Факторы, влияющие на скорость цианирования в заводских условиях. Гидролиз цианистых растворов и защитная щелочь.<br/>Цианирование просачиванием. Кучное выщелачивание. Подземное выщелачивание. Цианирование перемешиванием. Агитаторы с механическим, пневматическим и пневмомеханическим перемешиванием. Сгущение и фильтрование выщелоченных пульп. Особенности цианирования концентратов.<br/>Термодинамика цементации благородных металлов из цианистых растворов. Электрохимический механизм процесса. Факторы, определяющие полноту и скорость цементации. Практика и аппаратурное оформление процесса осаждения золота и серебра цинковой пылью. Переработка золотоцинковых осадков с получением черного металла.</p> | 6                           |
| 3.       | Сорбционно-экстракционные процессы извлечения золота и серебра из растворов и пульп | <p>Сущность сорбционного выщелачивания. Особенности сорбции золота из цианистых растворов и пульп. Поведение примесей. Изотерма сорбции. Факторы, влияющие на емкость ионита по золоту. Селективность ионитов.<br/>Устройство пачуков для сорбции из пульп. Схема цепи аппаратов сорбционного выщелачивания. Регенерация ионита. Динамика элюирования. Десорбция золота, серебра и примесей. Практика и аппаратурное оформление регенерации ионита. Электроэкстракция золота и серебра из тиомочевинных растворов. Устройство электролизера с катодами из волокнистых углеродных материалов. Техничко-экономические показатели</p>  | 6                           |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела<br>дисциплины               | Содержание лекционных занятий  | Трудоемкость<br>в ак. часах |
|----------|---|--|-----------------------------|
|          |   | <p>сорбционного процесса. Сорбционное выщелачивание с применением активных углей. Особенности аппаратного оформления процесса. Регенерация углей. Достоинства и недостатки активных углей как сорбентов благородных металлов. Возможности экстракционных методов для выделения золота из цианистых растворов и пульп.</p>  |                             |
| 4.       | Схемы и практика работы золотоизвлекательных фабрик | <p>Типовая схема переработки золотых руд. Роль гравитационных методов и их место в технологической схеме. Технологические схемы с применением фильтрационных и сорбционных методов. Сравнение технико-экономических показателей различных схем. Техника безопасности на золотоизвлекательных предприятиях. Очистка сточных вод от цианидов.</p>  | 2                           |
| 5.       | Вторичная металлургия благородных металлов          | <p>Характеристика вторичного сырья, его опробование. Методы переработки вторичного золото- и серебросодержащего сырья. Извлечение золота и серебра из анодных шламов электролиза меди.</p>   | 4                           |
| 6.       | Аффинаж золота и серебра                            | <p>Основные виды сырья, поступающие на аффинаж. Приемная плавка. Хлорный процесс. Электролитическое рафинирование серебра. Процессы на аноде и катоде. Ванны с вертикальным и горизонтальным расположением электродов. Основные параметры электролиза. Электролитическое рафинирование золота. Процессы на аноде и катоде. Применение асимметричного тока. Конструкция ванны. Основные параметры электролиза.</p>  | 6                           |
| 7.       | Производство платиновых металлов                    | <p>Сульфидные медно-никелевые руды как сырьевой источник платиновых металлов. Форма нахождения платины, палладия и редких платиноидов в сульфидных рудах. Поведение платиновых металлов при обогащении. Причины и основные каналы потерь платиноидов в процессах металлургической переработки сульфидных концентратов. Переработка платиносодержащих шламов. Химический и вещественный состав шламов. Химическое обогащение шламов методов сульфатизации и методом</p> | 7                           |

| № п/п         | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий   | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|---------------------------------|---|--------------------------|
|               |                                 | сульфатизирующего обжига с последующим электролитическим растворением вторичных анодов. |                          |
| <b>Итого:</b> |                                 |   | <b>33</b>                |

#### 4.2.3. Практические занятия

| № п/п         | Раздел   | Тематика практических занятий   | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|----------|---|--------------------------|
| 1.            | Раздел 1 | Количественные определения в операциях обогащения золотосодержащей руды                   | 2                        |
| 2.            | Раздел 2 | Расчет процесса выщелачивания золота из руд и концентратов                                | 2                        |
| 3.            | Раздел 2 | Расчет процесса отмывки осадка после фильтрации пульпы цианирования золотосодержащей руды | 3                        |
| 4.            | Раздел 4 | Расчет схемы золотоизвлекательной фабрики   | 2                        |
| 5.            | Раздел 6 | Расчет процесса цементация благородных металлов из растворов                              | 2                        |
| <b>Итого:</b> |          |   | <b>11</b>                |

#### 4.2.4. Лабораторные работы

| № п/п         | Раздел   | Тематика лабораторных работ  | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|----------|--|--------------------------|
| 1.            | Раздел 1 | Определение содержания золота в рудах, концентратах и хвостах цианирования | 2                        |
| 2.            | Раздел 2 | Выщелачивание золота из руд и концентратов                                 | 8                        |
| 3.            | Раздел 3 | Изучение промывки хвостов методом декантации                               | 2                        |
| 4.            | Раздел 4 | Сорбционная очистка аффинажных растворов                                   | 4                        |
| 5.            | Раздел 5 | Анализ анодных шламов на содержание благородных металлов                   | 4                        |
| 6.            | Раздел 6 | Купелирование, шерберование  | 2                        |
| <b>Итого:</b> |          |  | <b>22</b>                |

4.2.5. Курсовая работа (проект) – 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.



**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

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

**Консультации** (текущая консультация, накануне 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**

### **6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

**Раздел 1. Оборудование и схемы дробления и измельчения руд благородных металлов**

1. В смеси каких кислот наиболее полно выщелачивается золото?
2. Какой метод применяют на современных золотоизвлекательных фабриках для извлечения крупного золота из россыпей?
3. Назовите плотность золота.
4. Из какого типа сырья добывается основное количество золота в мире?
5. Какое гравитационное оборудование наиболее широко применяется при промышленной добыче золота?
6. Как называется комплекс технологических операций по очистке и разделению благородных металлов?
7. Какой металл превосходит медь по электропроводности?
8. Какое явление характерно для измельчения золотой руды в шаровых мельницах?
9. Какая страна является крупнейшим производителем золота в мире? Как называется минерал золота  $AuTe_2$ ?
10. Какое золоторудное месторождение является крупнейшим в мире?

### **Раздел 2. Цианирование руд и концентратов**

1. Что представляет собой форма растворимого цианистого комплекса золота?
2. Как изменяется редокс-потенциал золота при связывании его катиона золота в прочный цианистый комплекс?
3. Какой реагент необходим для растворения золота в цианистом растворе?
4. Какой реакции отвечает катодный участок в электрохимическом процессе цианирования золота?
5. Из каких стадий состоит процесс растворения золота в цианистом растворе?
6. Какому значению равна предельная концентрация цианида при цианировании золотосодержащего сырья?
7. Оцените влияние концентрации цианида на показатели цианирования золота.
8. Какие технологические операции предшествуют процессу цианирования в случае переработки крупного золота?
9. С чем связан гидролиз цианистых растворов?

10. При каком значении рН проводят цианирование золота?
11. Каких значений достигает степень гидролиза для разбавленных цианистых растворов, применяемых на практике?
12. Какое влияние оказывает температура на степень гидролиза цианида?
13. Переработка какого золотосодержащего сырья осуществляется методом кучного выщелачивания?
14. Назовите достоинства метода кучного выщелачивания золота.
15. Для какого золотосодержащего сырья применяют метод цианирования золота перемешиванием?
16. Какая технологическая операция обязательна в случае цианирования просачиванием дисперсных материалов?
17. Какой металл чаще всего используют при цементации золота из цианистых растворов?
18. Какой реагент используется для увеличения поверхности цементатора при выделении золота из цианистых растворов?
19. Какой металл является основным в цементных золотых осадках?
20. Назовите обязательное условие для полного выделения золота при цементации.
21. При каких условиях может начаться процесс обратного растворения цементированного золота при его выделении из цианистых растворов?
22. В каких аппаратах проводят цементационное выделение золота?
23. В чем заключается механизм отрицательного действия мышьяка при цементации золота?
24. Какое влияние оказывает перемешивание на процесс цементации золота цинком из цианистых растворов?

### **Раздел 3. Сорбционно-экстракционные процессы извлечения золота и серебра из растворов и пульп**

1. Назовите виды сорбционных процессов.
2. Назовите основное преимущество сорбционной технологии цианирования.
3. В каком преимущественном порядке осуществляется ионообменная сорбция комплексных цианидов?
4. Как называется предварительное насыщение ионообменников противоионами определенного знака?
5. В виде какого иона золото переходит в фазу смолы при его ионообменной сорбции из цианистого раствора?
6. Какие реагенты применяют для десорбции золота?
7. Какой способ используется для выделения благородных металлов из элюата, полученного при регенерации смолы?
8. Какое значение имеет катодный выход золота по току при его электроэкстракции из тиомочевинных растворов?
9. Какой реагент является основой анолита при электролизе золота в тиомочевинной среде?
10. Какой газ выделяется при пассивации золотистых анодов?
11. Какая катодная реакция является основной при электроэкстракции золота из тиомочевинных растворов?
12. Какой прием используют для предотвращения анодного окисления тиомочевины при электролизе?
13. Что препятствует полной регенерации тиомочевины в ходе электроэкстракции золота?
14. Что препятствует интенсификации процесса электроэкстракции золота из тиомочевинных растворов повышением температуры электролита?
15. Какой материал используется для изготовления анода при электроэкстракции золота вместо дефицитной платины?
16. Для сорбции из каких растворов применяют активные угли?

17. Какой прием используется для повышения емкости сорбента при выделении золота из пульпы на активированном угле?
18. Какие свойства проявляет «отрицательный» уголь?
19. Какое оборудование используется для выделения угля, насыщенного золотом, из пульпы?
20. Как осуществляется регенерация угля при сорбционном выщелачивании золота?
21. Какая добавка резко ускоряет процесс элюирования золота при регенерации угля?
22. Какой способ используется для выделения благородных металлов из элюата, полученного при регенерации угля в технологии сорбционного выщелачивания?
23. Что является серьезным недостатком активных углей?

#### **Раздел 4. Схемы и практика работы золотоизвлекательных фабрик**

1. При каких условиях может начаться процесс обратного растворения цементированного золота при его выделении из цианистых растворов?
2. Какой металл является основным в цементных золотых осадках?
3. Переработка какого золотосодержащего сырья осуществляется методом кучного выщелачивания?
4. Какая технологическая операция обязательна в случае цианирования просачиванием дисперсных материалов?
5. Какой реагент наиболее часто используется в методе обезвреживания сточных вод окислением цианистых соединений?
6. Что препятствует интенсификации процесса электроэкстракции золота из тиомочевинных растворов повышением температуры электролита?
7. С чем связан переход золота в растворы флотационного обогащения свинцово-цинковых руд?
8. Как осуществляется регенерация угля при сорбционном выщелачивании золота?
9. Какая предельно допустимая концентрация ртути в воздухе рабочих помещений?
10. Какая предельно допустимая концентрация цианида в воздухе рабочих помещений?

#### **Раздел 5. Вторичная металлургия благородных металлов**

1. Назовите основные источники вторичных золотосодержащих материалов.
2. Назовите основные источники вторичных серебросодержащих материалов.
3. Каким методом осуществляют опробование металлических отходов, содержащих драгоценные металлы?
4. В каких печах осуществляют переработку вторичных золотосодержащих сплавов?
5. Каким методом осуществляют переработку шлифовальных золотосодержащих порошков?
6. Каким методом осуществляют переработку изделий из цветных металлов и сплавов, покрытых золотом?
7. Из каких основных операций состоит технологическая схема переработки вторичного серебросодержащего сырья?
8. Каким реагентом осаждают оставшееся в отработанном электролите серебро?
9. На чем основан процесс купелирования, используемый для переработки обогащенного благородными металлами свинца?
10. В каком полупродукте в процессе электрорафинирования меди концентрируются благородные металлы?
11. Какой реагент добавляют для предупреждения перехода серебра в электролит электрорафинирования меди?
12. В каком полупродукте концентрируются благородные металлы при окислительном обжиге медеэлектролитных шламов?
13. Какой реагент добавляют в шихту при плавке обожженных медеэлектролитных шламов для исключения потерь серебра?

14. В каком растворе осуществляется перевод меди в раствор из медных шламов?
15. Какой химизм процесса окислительного обжига медеэлектролитных шламов?
16. С какой целью осуществляется сульфатизирующий обжиг медеэлектролитных шламов?

### **Раздел 6. Аффинаж золота и серебра**

1. Как называется процесс разделения золота и серебра и получение их в чистом виде?
2. Назовите виды сырья, поступающего на аффинажные заводы.
3. Назовите основные стадии подготовки сырья перед аффинажем.
4. С какой целью проводят приемную плавку аффинируемого сырья?
5. В каких печах проводят приемную плавку аффинируемого сырья?
6. С какой целью применяют продувку хлором расплавленного золота?
7. В каких печах проводят хлорный процесс?
8. В каком продукте концентрируется золото по окончании хлорного процесса?
9. В каком продукте концентрируется серебро по окончании хлорного процесса?
10. Назовите основной недостаток аффинажа золота хлорированием.
11. С какой целью применяют продувку хлором расплавленного золота?
12. В каких печах проводят хлорный процесс?
13. В каком продукте концентрируется золото по окончании хлорного процесса?
14. В каком продукте концентрируется серебро по окончании хлорного процесса?
15. Назовите основной недостаток аффинажа золота хлорированием.
16. Схема электролитической ячейки электроаффинажирования золота?
17. Что применяется для исключения пассивирования анода при аффинаже золота электролизом?
18. Как готовят свежий электролит для электролитического рафинирования золота?
19. Каким реагентом выделяют платину и палладий, перешедшие в растворы электроаффинажирования золота?
20. Какой газ выделяется на катоде при значительном обеднении электролита азотнокислого серебра?
21. Какой процесс происходит при содержании золота более 20% в серебряном аноде, подвергающемся электролитическому рафинированию?
22. Какой из ионов, присутствующих в серебряном электролите, может восстанавливаться на катоде?
23. Почему не осуществляют электролитическое рафинирование сплавов серебра, в которых присутствует более 7,5 % Cu?
24. Какое влияние оказывает присутствующая в электролите свободная азотная кислота на показатели электролитического рафинирования серебра?
25. Какова должна быть минимальная концентрация серебра в электролите?
26. С какой целью контролируют состав азотнокислого электролита при электролизе серебряных анодов, не допуская содержания палладия в нем выше 0,1-0,2 г/л?
27. Как зависит величина применяемой плотности тока от чистоты рафинируемого серебряного анода?

### **Раздел 7. Производство платиновых металлов**

1. Крупнейший поставщик палладия на мировой рынок?
2. Какой крупнейший минерально-сырьевой источник платиновых металлов в мире?
3. Какое из платинометаллических месторождений России можно отнести к тому же промышленно-генетическому типу, что и месторождение «Стиллуотер» (США)?
4. Какие отличительные черты отечественного платинометаллического комплекса?
5. Назовите основные отечественные сульфидные МПГ-Cu-Ni месторождения.
6. Назовите основные отечественные платинометаллические малосульфидные месторождения.
7. Назовите основные отечественные платиноидно-хромитовые месторождения.

8. Каким образом извлекают платину из россыпей?
9. Форма нахождения платины в сульфидных медно-никелевых рудах Норильска?
10. В каких оборотных полупродуктах переработки сульфидных руд Норильска обнаруживаются рутений и иридий?
11. Чем объясняется отсутствие перехода осмия в газовую фазу при штейновой плавке сульфидного Cu-Ni концентрата?
12. От каких факторов зависит содержание платиноидов в анодных шламах?
13. Повышенное содержание каких благородных металлов характерно для никельэлектролитных шламов медно-никелевого производства?
14. С чем связаны некоторые потери МПГ при электролизе меди и никеля?
15. Какие основные операции применяются при переработке электролитных шламов медно-никелевого производства на Норильском комбинате?
16. В каком продукте технологии переработки шламов Норильского комбината концентрируется подавляющее количество иридия?
17. На чем основан метод сульфатизации анодных платиносодержащих шламов?
18. На использовании какого метода основана технология переработки электролитных шламов медно-никелевого производства комбината Североникель?
19. На использовании какого метода основана технология переработки электролитных шламов медно-никелевого производства комбината НГМК?
20. По каким продуктам распределяются редкие платиноиды по окончании электролиза с вторичными анодами на комбинате НГМК?

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

### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:**

1. Месторождение золота и типы руд.
2. Основные варианты схем рудоподготовки.
3. Виды амальгамации.
4. Основные процессы переработки россыпей.
5. Основное оборудование для переработки россыпей.
6. Сущность процесса цианирования.
7. Химизм растворения золота и серебра.
8. Роль защитной щелочи в процессах цианирования золота.
9. Роль кислорода в процессах цианирования золота.
10. Влияние факторов на скорость растворенных золота и серебра при цианировании.
11. Выделение благородных металлов из цианистых растворов.
12. Ионнообменное извлечение золота.
13. Основные особенности сорбции золота из цианистых растворов.
14. Основные особенности сорбции золота из цианистых пульп.
15. Наиболее эффективный десорбент золота.
16. Сорбция благородных металлов активными углями.
17. Классификация вторичного сырья, содержащего золото.
18. Классификация вторичного сырья, содержащего серебро.
19. Методы переработки вторичного серебросодержащего сырья.
20. Химический и фазовый состав медеэлектролитных шламов.
21. Сырье, поступающее на аффинаж.
22. Кислотный метод аффинажа.
23. Хлорный метод аффинажа.
24. Сульфидный метод аффинажа.
25. Переработка обеззолоченных хлоридов в хлорном методе аффинажа.
26. Схема электролитической ячейки при электролитическом рафинировании золота.
27. Применение асимметричного тока при электрорафинировании золота.
28. Поведение примесей при электрорафинировании золота.

29. Конструкция электролизера для электрорафинирования золота.
30. Регенерация отработанного золотосодержащего электролита.
31. Типы месторождений металлов платиновой группы.
32. Метал, от конъюнктуры на который зависит объем выпуска платиновых металлов в России.
33. Металл платиновой группы с наибольшим объемом производства в России.
34. Извлечение из платиновых малосульфидных руд.
35. Извлечения платиновых металлов из россыпей.
36. Извлечение платиновых металлов при переработке хромитовых руд.
37. Техногенные месторождения платиновых металлов.
38. Форма нахождения платины, палладия и редких платиноидов в сульфидных рудах.
39. Поведение платиновых металлов при обогащении сульфидных руд.
40. Химический и вещественный состав платиносодержащих шламов.

### 6.3.2. Примерные тестовые задания к экзамену

#### Вариант 1

| № п/п | Вопрос  | Варианты ответа  |
|-------|---|--|
| 1     | 2   | 3  |
| 1.    | Какое гравитационное оборудование наиболее широко применяется при промышленной добыче золота: | 1. отсадочные машины;<br>2. шлюзы;<br>3. концентрационные столы;<br>4. циклоны.  |
| 2.    | Крупнейшее месторождение серебра в РФ   | 1. Сухоложское;<br>2. Полюс;<br>3. Дукат;<br>4. Октябрьское.   |
| 3.    | Необходимость предварительного кондиционирования золотой руды определяется                    | 1. наличием открытых мелких золотин;<br>2. присутствием щелочных металлов;<br>3. присутствием электрума;<br>4. присутствием углерода.                        |
| 4.    | Форма растворимого цианистого комплекса Au:   | 1. $[Au_3(CN)_4]^-$ ;<br>2. $[Au(CN)_2]^-$ ;<br>3. $[Au_5(CN)_6]^-$ ;<br>4. $[Au_6(CN)_7]^-$ .   |
| 5.    | Для растворения золота в цианистом растворе необходим дополнительный реагент                  | 1. известь;<br>2. едкий натр;<br>3. кислород;<br>4. водород.   |
| 6.    | В электрохимическом процессе цианирования золота катодный участок отвечает реакции            | 1. восстановления кислорода;<br>2. окисления кислорода;<br>3. разложения цианида;<br>4. восстановления золота.   |
| 7.    | Какой реагент является основой анолита при электролизе золота в тиомочевинной среде:          | 1. серная кислота;<br>2. азотная кислота;<br>3. тиомочевина;<br>4. соляная кислота.  |
| 8.    | Какой способ наиболее действенен для интенсификации электролиза золота:                       | 1. многоярусное расположение катодов;<br>2. повышение анодной плотности тока;<br>3. применение катодов из углеродистых волокон;<br>4. повышение температуры. |
| 9.    | Электроэкстракция золота из тиомочевинных растворов сопровождается                            | 1. выделение кислорода;<br>2. выделение водорода;<br>3. осаждение золота;  |

| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа  |
|-------|--|--|
| 1     | 2  | 3  |
|       |  | 4. растворение золота.   |
| 10.   | Какой тип оборудования не относится к используемому при сверхтонком измельчении руды?  | 1. атриторные мельницы;<br>2. планетарные мельницы;<br>3. валковые мельницы высокого давления;<br>4. мельницы самоизмельчения.   |
| 11.   | Какие печи не применяются для термокондиционирования золотой руды?   | 1. вращающиеся и многоярусные печи;<br>2. реакторы циркулирующего взвешенного слоя;<br>3. реакторы наислороженного взвешенного слоя;<br>4. индукционные печи.                  |
| 12.   | Для медьэлектролитных шламов медно-никелевого производства характерно повышенное содержание:                                 | 1. металлов платиновой группы;<br>2. золота, серебра;<br>3. железа;<br>4. диоксида кремния;  |
| 13.   | В процессе электрорафинирования меди благородные металлы концентрируются в:  | 1. катоде;<br>2. аноде;<br>3. шламе;<br>4. распределяются между электролитом и шламом.   |
| 14.   | Для предупреждения перехода серебра в электролит электрорафинирования меди добавляют:  | 1. $\text{Na}_2\text{S}$ ;<br>2. $\text{NaOH}$ ;<br>3. $\text{NaCl}$ ;<br>4. $\text{NaNO}_3$ .   |
| 15.   | При содержании золота более 20% в серебряном аноде, подвергающемся электролитическому рафинированию, происходит              | 1. выделение кислорода на аноде;<br>2. разложение воды;<br>3. пассивирование анода;<br>4. выделение закиси азота.  |
| 16.   | При содержании в анодном металле свыше 0,2 % Те процесс электролиза серебра идет с выделением                                | 1. серого губчатого осадка;<br>2. красного аморфного осадка;<br>3. кислорода;<br>4. водорода.  |
| 17.   | Сульфидный способ аффинажа серебра основан на  | 1. малой растворимости сульфида серебра;<br>2. высоком удельном весе соединения;<br>3. способности серебра к комплексообразованию;<br>4. высокой скорости коагуляции сульфида. |
| 18.   | Принципиальное значение для отечественного платинометалльного комплекса, в отличие от других ведущих продуцентов МПГ, имеет: | 1. географическое положение заводов;<br>2. полиметаллический характер российских руд;<br>3. конъюнктура никеля;<br>4. цены на МПГ.   |
| 19.   | Какой платиноид обладает максимальной температурой плавления   | 1. платина;<br>2. палладий;<br>3. родий;<br>4. осмий.  |
| 20.   | Какое свойство не относится у группе платиновых металлов   | 1. труднолетучесть металлических форм;<br>2. высокая летучесть оксидов;<br>3. абсорбция газов платиновыми металлами;<br>4. пластичность в холодном состоянии.                  |

## Вариант 2

| № п/п | Вопрос  | Варианты ответа  |
|-------|---|--|
| 1     | 2   | 3  |
| 1.    | Основное количество золота в мире добывается из:  | 1. сульфидных Pb - Zn руд;<br>2. сульфидных Cu - Ni руд;<br>3. коренных руд;<br>4. россыпных золотых руд.  |
| 2.    | Какое явление характерно для измельчения золотой руды в шаровых мельницах   | 1. электростатические разряды;<br>2. стирание шаров;<br>3. наклеп золота на шарах;<br>4. кавитация.  |
| 3.    | Для каких целей используется химическая реакция<br>$2 [AuCl_4]^- + 3SnCl_2 = 2 Au + 3 SnCl_4 + 2 HCl$                           | 1. для качественного определения золота;<br>2. для выделения золота;<br>3. для очистки золотого электролита;<br>4. для хлорирования серебра.   |
| 4.    | Золото из цианистых растворов осаждают методом цементации с использованием в качестве реагента чаще всего:                      | 1. Fe;<br>2. Cu;<br>3. Zn;<br>4. Ni.   |
| 5.    | Обязательное условие для полного выделения золота при цементации  | 1. аэрация цианистого раствора;<br>2. повышение температуры процесса;<br>3. освинцовывание цинка;<br>4. использование ПАВ.   |
| 6.    | Основным преимуществом сорбционной технологии цианирования является:  | 1. снижение расхода цианида;<br>2. повышение расхода цианида;<br>3. повышение безопасности работы персонала;<br>4. исключение операций сгущения и фильтрации.  |
| 7.    | Что препятствует интенсификации процесса электроэкстракции золота из тиомочевинных растворов повышением температуры электролита | 1. низкий катодный выход по току водорода;<br>2. низкая стойкость мембран;<br>3. низкая скорость циркуляции электролита;<br>4. кристаллизация солей.   |
| 8.    | Десорбентом золота с активированного угля является  | 1. серная кислота;<br>2. жидкий (безводный) аммиак;<br>3. водные растворы фосфата натрия или щелочей;<br>4. соляная кислота.   |
| 9.    | Для чего используется разделение электродного пространства при электролизе золота   | 1. для повышения температуры электролита;<br>2. для разрушения ПАВ;<br>3. для применение платинового анода;<br>4. для предотвращения анодного окисления тиомочевины.   |
| 10.   | Что относится к проблемам применения пиролиза для подготовки золотой руды к цианированию?                                       | 1. невозможность переработки пиритного и арсенопиритного концентратов;<br>2. низкопористая структура продукта пиролиза;<br>3. сера и мышьяк выделяются в элементарной форме;<br>4. плохая цианируемость золота из-за |



| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа   |
|-------|--|---|
| 1     | 2  | 3   |
|       |  | капсулирования в пирротине.   |
| 11.   | Автоклавное вскрытие золотой упорной руды по технологии «Шеррит-Гордон» осуществляется в среде:                                  | 1. сернокислотной;<br>2. азотнокислой;<br>3. фосфорнокислой;<br>4. солянокислой.  |
| 12.   | Перевод меди в раствор из медных шламов осуществляется в растворе  | 1. HCl;<br>2. HNO <sub>3</sub> ;<br>3. H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ;<br>4. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .  |
| 13.   | Окислительный обжиг медеэлектролитных шламов основан на:   | 1. концентрирование Se в огарке;<br>2. отгонке AgCl;<br>3. отгонке SeO <sub>2</sub> ;<br>4. отгонке Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .  |
| 14.   | Спекание медеэлектролитных шламов основано на:   | 1. отгонке SeO <sub>2</sub> ;<br>2. концентрирование Se в спеке;<br>3. отгонке AgCl;<br>4. отгонке PbO.   |
| 15.   | Существенной особенностью электролитического рафинирования золота является   | 1. высокая катодная плотность тока;<br>2. применение платинового анода;<br>3. анодный выход по току более 100%;<br>4. гидролиз раствора золотохлористоводородной кислоты.                 |
| 16.   | Для исключения пассивирования анода при аффинаже золота электролизом применяется:  | 1. введение коагулянтов;<br>2. повышение концентрации HCl в электролите;<br>3. повышение катодной плотности постоянного тока;<br>4. переменный ассиметричный ток.                         |
| 17.   | Выделение водорода на катоде при электролитическом рафинировании серебра возможно при  | 1. использовании соляной кислоты;<br>2. применении ассиметричного тока;<br>3. низкой концентрации серебра в электролите;<br>4. высокой кислотности электролита.                           |
| 18.   | Чем отличается поведение осмия от остальных МПГ в пирометаллургических операциях при переработке сульфидных медно-никелевых руд? | 1. растворимостью осмия в штейне;<br>2. растворимостью в файнштейне;<br>3. высокой летучестью тетраоксида осмия;<br>4. низкой степенью перехода в газы при обжиге никелевого концентрата. |
| 19.   | Никельэлектролитные шламы медно-никелевого производства характеризуются повышенным содержанием:                                  | 1. золота, серебра;<br>2. железа;<br>3. диоксида кремния;<br>4. металлов платиновой группы.   |
| 20.   | Технология переработки электролитных шламов медно-никелевого производства комбината Североникель основана на использовании       | 1. двойной сульфатизации;<br>2. электрорастворения вторичных анодов;<br>3. щелочного выщелачивания;<br>4. сульфидного выщелачивания.  |

### Вариант 3

| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа  |
|-------|--|--|
| 1     | 2  | 3  |
| 1.    | На современных золотоизвлекательных фабриках для извлечения крупного золота из россыпей применяют:   | 1. цианирование;<br>2. гравитацию;<br>3. флотацию;<br>4. амальгамацию.   |
| 2.    | Какой процесс не относится к методам кондиционирования?  | 1. измельчение;<br>2. термообработка;<br>3. биологическое окисление;<br>4. окислительная обработка под давлением.  |
| 3.    | Крупнейшее золоторудное месторождение мира   | 1. Witwatersrand (ЮАР);<br>2. Grasberg (Индонезия);<br>3. Мурунтау (Узбекистан);<br>4. Сухой Лог (РФ).   |
| 4.    | С чем связано наличие на катодных поляризационных кривых восстановления золота и кислорода четко выраженных участков предельного тока при цементации | 1. с низкой концентрацией Au и O <sub>2</sub> в растворе;<br>2. с высоким расходом цинка;<br>3. с малой концентрацией цианида;<br>4. с отсутствием перемешивания.                              |
| 5.    | Какое оптимальное отношение концентрации свободных ионов цианида к концентрации кислорода?   | 1. 9;<br>2. 2;<br>3. 5;<br>4. 1.   |
| 6.    | Фактор не связанный с образованием роданистых и железосинеродистых солей при цианировании  | 1. значительное снижение концентрации воздуха в цианистых растворах;<br>2. повышенный расход цианида;<br>3. повышение температуры пульпы;<br>4. повышение редокс-потенциала золота в растворе. |
| 7.    | Что препятствует электроэкстракции золота из тиомочевинных растворов   | 1. низкая стойкость мембран;<br>2. высокая скорость циркуляции электролита;<br>3. парение раствора;<br>4. кристаллизация солей.  |
| 8.    | «Отрицательный» уголь проявляет свойства   | 1. полифункционального катионообменника;<br>2. многофункционального анионита;<br>3. хелатообразующего сорбента;<br>4. осадителя.   |
| 9.    | Активные угли применяют для сорбции из растворов   | 1. кислых;<br>2. нейтральных;<br>3. богатых по примесям;<br>4. богатых по золоту.  |
| 10.   | Какой критерий не соответствует оценке эффективности биовыщелачивания?   | 1. высокая интенсивность;<br>2. большие необходимые объемы аппаратуры;<br>3. применимость исключительно к концентратам;<br>4. потери золота.   |
| 11.   | Традиционное обозначение процесса сорбционного выщелачивания с использованием активированных углей   | 1. CIL;<br>2. CIP;<br>3. RIL;  |

| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа   |
|-------|--|---|
| 1     | 2  | 3   |
|       |  | 4. RIP.   |
| 12.   | При окислительном обжиге медьэлектролитных шламов Ag и Au концентрируются в  | 1. обжиговой пыли;<br>2. растворе поглощения;<br>3. огарке;<br>4. распределяются между огарком и пылью.   |
| 13.   | Сульфатизирующий обжиг медьэлектролитных шламов основан на:  | 1. отгонке SeO <sub>2</sub> ;<br>2. отгонке PbO;<br>3. отгонке Se;<br>4. отгонке Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .  |
| 14.   | Благородные металлы переходят в шламы при электролизе меди и никеля т.к.:  | 1. более электроположительные и анодно не растворяются;<br>2. образуются их нерастворимые соединения;<br>3. низкая температура электролита;<br>4. высокое значение перенапряжения водорода.                                 |
| 15.   | В каком способе аффинажа используется мергель  | 1. метод квартования;<br>2. метод соды;<br>3. электролиз;<br>4. купелирование.  |
| 16.   | К какому процессу относится реакция Pb (Au+Ag) + 0,5 O <sub>2</sub> =PbO + (Au+Ag):                                | 1. цементация;<br>2. купелирование;<br>3. экстракция;<br>4. конвертирование.  |
| 17.   | Необходимость применения асимметрического тока при электрорафинировании золота вызвана образованием:               | 1. CuCl <sub>2</sub> ;<br>2. AgCl;<br>3. H <sub>2</sub> AuCl <sub>4</sub> ;<br>4. H <sub>2</sub> AuCl <sub>2</sub> .  |
| 18.   | Чем объясняется отсутствие перехода осмия в газовую фазу при штейновой плавке сульфидного Cu-Ni концентрата:       | 1. низким содержанием сернистого газа в газовой фазе;<br>2. высоким содержанием серы в концентрате;<br>3. высокой степенью десульфуризации;<br>4. наличием «серного экрана».  |
| 19.   | Основная задача проведения второй стадии сульфатизации   | 1. снижение концентрации сульфатов цветных металлов;<br>2. увеличение содержания платиновых металлов в растворе;<br>3. перевод металлов спутников платины в сернокислый раствор;<br>4. повышение извлечения палладия в кек. |
| 20.   | Технология переработки электролитных шламов медно-никелевого производства комбината НГМК основана на использовании | 1. щелочного выщелачивания;<br>2. солянокислого выщелачивания;<br>3. двойной сульфатизации;<br>4. электрорастворения вторичных анодов.  |

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена:*

| Оценка  |   |   |  |
|---|---|---|--|
| «2»<br>(неудовлетворительно)  | Пороговый уровень освоения  | Углубленный уровень освоения  | Продвинутый уровень освоения   |
|   | «3» (удовлетворительно)   | «4»<br>(хорошо)   | «5»<br>(отлично)   |
| 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 ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Стрижко Л.С. Металлургия золота и серебра: Учеб. пособие. М.: МИСИС, 2001. 336 с.
2. Меретуков М.А. Металлургия благородных металлов (зарубежный опыт) / М.А. Меретуков, А.М.Орлов. М.: Металлургия, 1991. 416 с.
3. Меретуков М.А. Геотехнологические исследования для извлечения золота из минерального и техногенного сырья: учеб. пособие / М.А. Меретуков, В.В. Рудаков, М.Н. Злобин. Электрон. дан. Москва: Горная книга, 2011. 438 с.  
<https://e.lanbook.com/book/66448>
4. Бочаров В.А. Технология переработки золотосодержащего сырья: учеб. / В.А. Бочаров, В.А. Игнаткина, Д.В. Абрютин. лектрон. дан. Москва: МИСИС, 2011. 328 с.  
<https://e.lanbook.com/book/47438>

5. Металлургия благородных металлов: Учебник для вузов / Под общ. ред. Л.В. Чугаева . 2-е изд., перераб. и доп. М.: Metallurgy, 1987. 432 с.

### **7.1.2. 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. Электрон. дан. Москва: МИСИС, 2012. 196 с.

<https://e.lanbook.com/book/47428>

3. Петров Г.В. Современное состояние и технологические перспективы производства платиновых металлов из хромитовых руд. СПб.: Недра, 2001. 200 с.

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Металлургия благородных металлов: Методические указания к лабораторным работам / Сост. Г.В. Петров, А.Я. Бодуэн, С.А. Иваник. Санкт-Петербург: РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный», 2014. 71 с.

2. Металлургия благородных металлов: Электролитическое рафинирование серебра. Методические указания к самостоятельной работе / Сост. Г.В. Петров, С.Б. Фокина. СПб: Лема, 2017. 19 с.

## **7.2. 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. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

6. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):

7. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

8. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

9. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru>

10. Электронно-библиотечная система «SciTecLibrary»: <http://www.sciteclibrary.ru>

11. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>

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

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

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

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

Мебель лабораторная:

стол 160×80×72 – 1 шт., шкаф 90×40×199 – 1 шт., шкаф для книг – 1 шт., стол для весов большой – 1 шт., стол-мойка с сушилкой – 2 шт., тумба для документов – 2 шт., шкаф для хранения реактивов - 1 шт., стол приборный большой с полкой – 11 шт., табурет – 12 шт., шкаф – тумба – 2 шт., стул «ИСО» – 2 шт., стол компьютерный 90×85×72 – 1 шт., стол компьютерный – 1 шт., стол 150×60×75 – 1 шт.

#### Оборудование и приборы:

титровальная установка – 1 шт., печь муфельная МИМП-3У – 1 шт., печь открытая МИМП-0,1401 – 1 шт., перемешивающее устройство ПЭ-6410 многоместное с нагревом – 1 шт., перемешивающее устройство ПЭ-8310 со штативом – 1 шт., весы ВЛТ-510-П 1кг с калибровочной гирей сп 500 г. – 1 шт., весы лабораторные ВЛКТ-2К – 1 шт., рН-метр-673 – 1 шт., вакуум-насос – 1 шт., сушильный шкаф – 2 шт., плитка нагревательная – 1 шт., верхнеприводная мешалка – 4 шт., термостат – 3 шт., фильтровальная установка – 1 шт., дистиллятор GFL2012 – 1 шт., универсальная лабораторная муфельная печь МИМП 3П – 1 шт., иономер АНИОН 4110 – 3 шт., лабораторный рН-метр HI2215 – 1 шт.; магнитная мешалка с нагревом C-MAG HS4 – 1 шт., весы ВАР-200 – 1 шт., магнитная мешалка без нагрева Mini MR standard IKAMAG – 2 шт., измеритель влажности МОС-120Н – 1 шт., весы аналитические Аух 220 – 1 шт., плакат в рамке под стеклом – 4 шт., часы настенные – 1 шт., лабораторная посуда и химические реактивы, огнетушитель – 1 шт.

#### Компьютерная техника:

мультимедийный блок – 1 шт.,  
монитор ЖК HP 21,5"Тип 1, LV916AA – 1 шт., системный блок HP P3400 MT G630 Тип 4 – 1 шт. (с возможностью подключения к сети «Интернет»), принтер HP Laser Jet P1102 – 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).