


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


Руководитель программы
аспирантуры
профессор В.Ю. Бажин

УТВЕРЖДАЮ


Декан факультета
переработки минерального сырья
доцент П.А. Петров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

| | |
|--|---|
| Область науки: | 2. Технические науки |
| Группа научных специальностей: | 2.6. Химические технологии, науки и материалах, металлургия |
| Научная специальность: | 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов |
| Отрасли науки: | Технические |
| Форма освоения программы аспирантуры: | Очная |
| Срок освоения программы аспирантуры: | 4 года |
| Составитель: | д.т.н., проф. В.Ю.Бажин |

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Разработка и оптимизация технических решений для производства цветных, редких и благородных металлов и инновационных материалов на их основе» составлена в соответствии:

– с требованиями Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 г. № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов» и Постановления Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре»;

– на основании учебного плана подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Составитель:

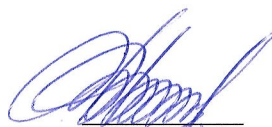


д.т.н., проф. В.Ю. Бажин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры металлургии «15» сентября 2022 г., протокол №2.

Рабочая программа согласована:

Декан факультета аспирантуры
и докторантуры



к.т.н. В.В. Васильев

Заведующий кафедрой
металлургии



д.т.н., проф. В.Ю. Бажин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины - подготовка выпускников аспирантуры к самостоятельному решению профессиональных задач, связанных с разработкой и применением ресурсосберегающих технологий извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения.

Основные задачи дисциплины:

- изучение физико-химических основ и технологических принципов ресурсосберегающих процессов извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения;
- освоение методов ресурсосбережения применительно к производству цветных, редких и благородных металлов;
- обучение практическим навыкам выполнения физико-химических и технологических расчётов, экспериментального исследования технологических процессов и систем для обоснования ресурсосберегающих технических решений извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения;
- приобретение навыков разработки ресурсосберегающих решений и оформления связанной с этим документации на результаты интеллектуальной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Разработка и оптимизация технических решений для производства цветных, редких и благородных металлов и инновационных материалов на их основе» входит в составляющую «Элективные дисциплины (модули). Блок 1» образовательного компонента программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.2. Metallургия чёрных, цветных и редких металлов, направленности (профилю) «Metallургия черных, цветных и редких металлов» и изучается в 3 семестре

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

В результате изучения дисциплины аспирант должен:
демонстрировать способность и готовность:

- практически использовать полученные знания в сфере физико-химических основ и технологических принципов ресурсосберегающих процессов извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения;
- использовать в профессиональной деятельности методы ресурсосбережения применительно к производству цветных, редких и благородных металлов;
- выполнения физико-химических и технологических расчётов, экспериментального исследования технологических процессов и систем для обоснования ресурсосберегающих технических решений извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения;
- разрабатывать ресурсосберегающие решения и оформлять связанные с этим документы на результаты интеллектуальной деятельности.

Знать: нормативную базу организации научно-исследовательской и работы, включая проведение экспериментальных исследований и опытно-технологических работ, оформление отчётной научно-технической документации, публикаций и результатов интеллектуальной деятельности;

основные приёмы математической обработки данных, моделирования и оптимизации технологических процессов и операций металлургического производства;

научно-технологические основы ресурсосберегающих процессов производства цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения;

методологию организации, методы планирования и проведения экспериментальных исследований в области ресурсосберегающих технологий производства цветных, редких и благородных металлов;

уметь: оформлять отчётную документацию и результаты интеллектуальной деятельности, подготавливать публикации и другие публичные материалы по результатам выполненных прикладных исследований и опытно-технологических работ ресурсосберегающего характера;

выбирать рациональные пути решения задачи математической обработки данных, моделирования и оптимизации технологических процессов и операций металлургического производства;

определять пути решения задач в области ресурсосбережения, рассчитывать и экспериментально определять технологические показатели производства цветных металлов, проводить оптимизационные исследования, направленные на достижение ресурсосберегающего эффекта;

организовывать, планировать и проводить экспериментальные исследования для получения математических моделей процессов, проводить оптимизационные исследования, анализировать и обобщать полученные результаты;

владеть навыками: оформления и представления результатов выполненных прикладных исследований и опытно-технологических работ ресурсосберегающего характера в виде научно-технической документации, заявок на результаты интеллектуальной деятельности, публикаций, докладов и др.;

использования программных продуктов общего и специального назначения для обработки данных, моделирования и оптимизации технологических процессов и операций металлургического производства;

сравнительного анализа технологических схем переработки сырья цветных, редких и благородных металлов различного типа и качества, оценки технической и экономической эффективности применяемых ресурсосберегающих решений;

определения критерия оптимальности и экспериментального решения задачи достижения оптимума функции применительно к разработке ресурсосберегающих процессов и технологий.

Уровень владения аспирантом знаниями, умениями и навыками по итогам освоения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации в форме дифференциального зачета.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Разработка и оптимизация технических решений для производства цветных, редких и благородных металлов и инновационных материалов на их основе» с учетом промежуточной аттестации по дисциплине составляет 72 академических часов, 2 зачётных единицы.

| Вид учебной работы | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|---|-----------------|-----------------------|
| | | 3 |
| Аудиторные занятия, в том числе: | 12 | 12 |
| Лекции | 4 | 4 |
| Практические занятия | 8 | 8 |
| Самостоятельная работа аспирантов, в том числе | 24 | 24 |
| Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины. Подготовка устных сообщений | 24 | 24 |
| Трудовое количество дисциплины | 36 | 36 |
| Вид промежуточной аттестации – дифференцированный зачет (Дз) | Дз(36) | Дз(36) |
| Общая трудовое количество дисциплины с учетом промежуточной аттестации | | |
| ак. час. | 72 | 72 |
| зач. ед. | 2 | 2 |

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия 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 |
| 1. | Физико-химические основы разработки новых технических решений для производства цветных, редких и благородных металлов и инновационных материалов на их основе | 9 | 1 | 2 | – | 6 |
| 2. | Технологическая база для разработки новых технических решений производства цветных, редких и благородных металлов и инновационных материалов на их основе. | 9 | 1 | 2 | – | 6 |
| 3. | Методология и методы оптимизации технических решений для создания новых и инновационных технических решений. | 9 | 1 | 2 | – | 6 |
| 4. | Разработка новых и инновационных технических решений и оформление связанной с этим документации на результаты интеллектуальной деятельности. | 9 | 1 | 2 | – | 6 |
| | Итого: | 36 | 4 | 8 | - | 24 |

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

Дисциплина включает 4 темы, содержание которых направлено на изучение передовых и инновационных технических решений, применяемых на современном этапе развития производственного комплекса по переработке сырья цветных, редких и благородных металлов природного и техногенного происхождения, сырьевой базы цветной металлургии и ведущих тенденций её изменения применительно к основным группам цветных и редких металлов.

Тема 1. Физико-химические основы ресурсосберегающих процессов извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения

Значение ресурсосберегающих технологий на современном этапе развития производственного комплекса по переработке сырья цветных, редких и благородных металлов природного и техногенного происхождения. Связь ресурсосберегающих процессов с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники в РФ, и стратегией научно-технологического развития РФ. Классификация ресурсосберегающих технологических решений.

Термодинамические расчёты предельного выхода продуктов химических и электрохимических взаимодействий в технологических системах для производства цветных редких и благородных металлов. Обоснование выбора термодинамически предпочтительных систем и технологических приёмов направленного смещения равновесий для достижения ресурсосберегающего эффекта. Кинетика гетерогенных процессов и её значение для интенсификации технологических процессов переработки сырья цветных редких и благородных металлов. Физико-химические основы увеличения качества продукции.

Самостоятельная работа.

Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины по заданию преподавателя. Подготовка устного сообщения.

Тема 2. Технологические принципы и технологии ресурсосбережения при извлечении цветных, редких и благородных металлов из сырья природного и техногенного происхождения

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.

Разработка высокоэффективных технологий для добычи и переработки, как традиционных видов сырья, так и вновь выявленных, отличающихся сложными горно-геологическими условиями для добычи и неблагоприятным сочетанием химико-минералогического состава для его переработки. Основные направления совершенствования существующих и создания новых технологий, учитывающие использование энергосберегающих решений и ресурсосберегающих процессов. Комплексная переработка исходного сырья, интенсификация технологических процессов, увеличения выхода целевых продуктов и использование экологически безопасных технических решений.

Повышение качества производимой продукции и расширение её ассортимента, в том числе, на основе повышения комплексности переработки исходного сырья и производства хозяйственно значимой продукции, обладающей высокими потребительскими свойствами.

Создание экологически безопасных производств, отличающихся высокой глубиной переработки сырья на основе комплексного использования всех его компонентов, исключая накопление отходов, переработка техногенных отходов и образований; Разработка и внедрение ресурсосберегающих технологических процессов и производств, обеспе-

чивающих комплексное решение технико-экономических и экологических вопросов при добыче и переработке сырья природного и техногенного происхождения.

Создание высокопроизводительных, экономичных в эксплуатации и технологичных в изготовлении конструкций машин и механизмов, механизированных и автоматизированных комплексов, аппаратуры для осуществления химико-металлургических процессов, а также вспомогательного оборудования различного назначения.

Самостоятельная работа.

Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины по заданию преподавателя. Подготовка устного сообщения.

Тема 3. Методология и методы оптимизации технических решений для достижения ресурсосберегающего эффекта

Физическое, аналоговое и математическое моделирование технологических процессов и систем. Формулирование задачи оптимизации и выбор критерия оптимальности. Математические модели как основа оптимизации технологических процессов. Оптимизация методом дифференциального исчисления. Поиск оптимума численными методами. Экспериментальный поиск оптимума.

Самостоятельная работа.

Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины по заданию преподавателя. Подготовка устного сообщения.

Тема 4. Разработка ресурсосберегающих решений и оформление связанной с этим документации на результаты интеллектуальной деятельности

ГОСТы и другие нормативные документы, определяющие порядок выполнения, оформления и представления результатов исследований. Роль патентного, метрологического и научно-технического анализа при исследовании объектов металлургической технологии. Интерпретация результатов расчётов и экспериментального исследования объектов металлургии. Формы представления результатов теоретических и экспериментальных исследований для ознакомления с ними научного сообщества. Основные пути и методы использования научных результатов. Оформление документов на результаты интеллектуальной деятельности при разработке ресурсосберегающих технологических решений.

Самостоятельная работа.

Самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины по заданию преподавателя. Подготовка устного сообщения.

**5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ**

При изучении дисциплины «Разработка и оптимизация технических решений для производства цветных, редких и благородных металлов и инновационных материалов на их основе» применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки аспирантов.

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, цель которых углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы аспиранта. На практических занятиях аспиранты делают краткие устные сообщения о результатах самостоятельной работы с последующим обсуждением при участии преподавателя.

Консультации (текущая консультация накануне дифференцированного зачета) является одной из форм руководства учебной работой аспирантов и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям.

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

Самостоятельная работа аспирантов направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим практическим занятиям и промежуточной аттестации в форме кандидатского экзамена.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Проведение текущего контроля успеваемости

Текущий контроль используется для оценки хода и уровня достижения аспирантом планируемых результатов освоения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса, консультирования аспирантов и проверки выполнения самостоятельной работы.

Основными формами текущего контроля по дисциплине являются:

- устный опрос аспиранта по контрольным вопросам (устный ответ);
- устное сообщение аспиранта о результатах выполненной самостоятельной работы (устный ответ).

6.2. Примерный перечень вопросов для текущего контроля успеваемости

1. Приведите примеры и проанализируйте инновационные технические решения, используемые в настоящее время при плавке сульфидных руд и концентратов с получением штейна.

2. Дайте характеристику технологических принципов используемых для повышения комплексности использования сырья на примере переработки сульфидных медно-никелевых концентратов.

3. Дайте характеристику технологии автоклавного окислительного выщелачивания сульфидных руд и концентратов и объясните её значение для повышения эффективности переработки сырья природного и техногенного происхождения.

4. На примере переработки цинковых концентратов поясните пределы применения обжиговой технологии и необходимость использования альтернативных технических решений.

5. Дайте характеристику существенных различий в технологии электролитического рафинирования черного никеля и черновой меди и проанализируйте причины этих различий.

6. Проанализируйте технологические решения, используемые для переработки медных шламов, получаемых при электролитическом рафинировании черновой меди, с позиций их эффективности.

7. Опишите технологические принципы, используемые для создания системы водоборота на металлургических предприятиях.

8. Дайте характеристику технологических решений, используемых в металлургических процессах для уменьшения газовых выбросов и связанных с ними загрязняющих веществ в воздушный бассейн.

9. Объясните технологические принципы безаппаратного выпелачивания руд, приведите примеры её использования и значение для повышения эффективности переработки металлургического сырья.

10. Приведите принципиальную технологическую схему переработки апатит-нефелиновых руд, проанализируйте значение этой технологии для народного хозяйства и перспективы дальнейшего развития.

11. Дайте характеристику технологии комплексной переработки нефелиновых руд и концентратов, оцените степень её инновационности и значение для народного хозяйства.

12. Опишите основные технологические принципы и технические решения для утилизации отвальных продуктов в производстве глинозёма из бокситов.

13. Дайте характеристику энергосберегающих и интенсифицирующих технических решений применительно к автоклавным технологиям глинозёмного производства.

14. Приведите физико-химическое обоснование инновационных технических решений, применяемых в технологии глубокой очистки алюминатных растворов от примеси кремния.

15. Объясните технологические принципы, на которых основаны кислотные технологии переработки высококремнистого алюминиевого сырья, и их значение для развития существующего минерально-сырьевого комплекса.

16. Объясните физико-химические основы и технологические принципы получения крупнозернистого глинозёма, и значение его производства для совершенствования технологии электролитического производства алюминия.

17. Проанализируйте этапы развития конструкций электролизёров и наблюдаемые тренды совершенствования технологии электролитического получения алюминия.

18. Дайте характеристику цикла Байера глинозёмного производства и технологических принципов повышения его эффективности в рамках существующего технологического процесса переработки бокситового сырья.

19. Опишите равновесие в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ и объясните, какие технологические решения необходимы для достижения максимальных показателей по извлечению алюминия в раствор и его осаждению из раствора.

20. Дайте характеристику технологических принципов интенсификации металлургических процессов на основе кинетики гетерогенных процессов. Приведите примеры таких технологических решений.

21. Опишите физико-химическую природу процесса активации твёрдой фазы и её влияния на повышение эффективности технологического процесса. Приведите примеры использования активирующих воздействий в металлургии цветных металлов.

22. Дайте термодинамическую характеристику технологических принципов глубокого осаждения металлов из растворов и приведите примеры соответствующих технологических решений.

23. Объясните физико-химическую природу показателя «выход по току» и приведите известные технологические решения, применяемые в металлургии цветных металлов для его повышения.

24. Объясните термодинамическую роль углерода в процессах хлорирования оксидных соединений металлов, а техническую осуществимость такого подхода на примере технологии получения $TiCl_4$.

25. Приведите принципиальную аппаратурно-технологическую схему отделения и противоточной промывки твёрдой фазы с обоснованием принципов ресурсосбережения, вытекающих из теории процесса разделения фаз.

26. Дайте характеристику метода линейного планирования эксперимента и его значение для математического описания объектов металлургии. Приведите пример использования данного метода применительно к изучению конкретного объекта.

27. Дайте характеристику метода покоординатной оптимизации и приведите пример использования данного подхода для определения оптимального режима технологического процесса.

28. Дайте характеристику метода крутого восхождения и приведите пример использования данного метода для определения оптимального режима технологического процесса.

29. Критерии, используемые для выбора оптимального технологического решения.

30. Опишите структурные элементы заявки на результаты интеллектуальной деятельности, а также содержание и назначение отдельных документов в составе заявки.

6.3. Критерии оценивания устных ответов аспирантов

Развернутый ответ аспиранта должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

При оценке устного ответа аспиранта необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

Устный ответ оценивается положительно, если аспирант:

- 1) ориентируется в излагаемом материале, владеет базовой терминологией в объеме, предусмотренном рабочей программой дисциплины;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, подкрепляет теоретические положения примерами;
- 3) умеет структурировать содержание ответа в соответствии с поставленным вопросом;

4) не допускает (или допускает немногочисленные негрубые) ошибки при ответе; способен исправить допущенные им ошибки при помощи уточняющих вопросов преподавателя.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

7.1. Основная литература

1. Металлургия тяжелых цветных металлов [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт. Красноярск : ИПК СФУ, 2009. http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1821/u_manual.pdf.

2. **Металлургия цветных металлов** [Электронный ресурс] : учебник / В. М. Сизяков [и др.]. - СПб. : Горн. ун-т, 2015. - 392 с. : рис., табл. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Библиогр.: с. 390-391 (30 назв.). - ISBN 978-5-94211-746-7 : Б. ц. http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108#.

3. Литвинова Т.Е. Металлургия иттрия и лантаноидов. РИЦ Горного университета. 2012. 272 с. <http://wwwcatalog.spmi.ru/marcweb2/ShowMarc.asp?docid=68633>.

4. Дубовиков О.А. Эффективные технологии переработки низкокачественных бокситов / О.А. Дубовиков, В.М. Сизяков. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2012. 195 с.

5. Сизяков В.М. Технологические и методологические основы получения алюминия на мощных электролизёрах / В.М. Сизяков, В.Ю. Бажин. Санкт-Петербургский государственный горный университет. СПб, 2011. 130 с.

6. Черемисина О.В. Теория и практика извлечения цветных, чёрных и редкоземельных металлов из промышленных растворов, стоков, природных вод и грунтов / О.В. Черемисина. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2008. 148 с.

7. Бажин В.Ю. Организация и планирование эксперимента: учебное пособие. – СПб.: ЛЕМА, 2015. 130 с.

8. Сырков А.Г. Нанотехнологии и наноматериалы для минерально-сырьевого комплекса: Учебное пособие / А.Г. Сырков. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 130 с. <http://wwwcatalog.spmi.ru/marcweb2/ShowMarc.asp?docid=70415>

9. Шариков Ю.В. Моделирование систем. Часть 1: Синтез моделей и уравнений химической кинетики / Ю.В. Шариков, И.И. Белоглазов. Санкт-Петербургский государственный горный университет. СПб, 2011. 108 с.

10. Болобов В.И. Безопасность применения титана в автоклавных процессах цветной металлургии с применением газообразного кислорода: Монография. СПб.: Издательство «Лань», 2015. 144 с.

11. Сизяков В.М. Получение порошков алюминия, титана и магния с использованием методов нанометаллургии: Учебное пособие / В.М. Сизяков, В.Г. Гопиенко, С.В. Александровский. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2008. 95 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрOMETаллургических процессов. Учебное пособие для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Интернет Инжиниринг, 2003. — 464 с. <https://www.twirpx.com/file/264217/>

2. Расчеты в металлургии свинца, цинка и кадмия. Ю.П. Романтеев, А.А. Комков, А.Н. Федоров и др. — Под ред. В.П. Быстрова. Учебное пособие. — М.: МИСиС, 2006. — 231 с. <https://www.twirpx.com/file/2029246/>

3. Процессы и аппараты цветной металлургии. С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич, В.П. Жуков, Е.И. Елисеев, С.В. Карелов, А.Б. Лебедь, С.В. Мамяченков.

Учебник для вузов. — Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ—УПИ, 2005. — 700 с.
<https://www.twirpx.com/file/1526848/>

4. Бурухин А.Н. и др. Общие основы получения цветных металлов. Учебное пособие. — 2-е изд., доп. — Москва: Норильский никель, 2005. — 170 с.
<https://www.twirpx.com/file/1990214/>

5. Уткин Н.И. Производство цветных металлов. М.: Интернет Инжиниринг, 2000. — 442 с. <https://www.twirpx.com/file/484531/>

6. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов / С.С. Набойченко, П.П. Ни, Я.М. Шнеерсон, Л.В. Чугаев. Научное издание/ — Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, — 2002, — 940 с. <https://www.twirpx.com/file/1601739/>

7. Бричкин В.Н., Сизяков В.М. Metallургия легких металлов. Производство алюминия и магния. Лабораторный практикум. — СПб.: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2005. — 88 с.
<https://www.twirpx.com/file/135699/>

8. Сизяков В.М., Бричкин В.Н. Metallургия легких металлов. Производство глинозема. Лабораторный практикум. — СПб: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2004. — 90 с. <https://www.twirpx.com/file/1511850/>

9. Грейвер Т.Н. Основы методов постановки и решения технологических задач цветной металлургии. М., ГУП ИД «Руда и металлы». 1999. 147 с.

10. Петров Г.В. Концентрирование платиновых металлов при переработке традиционного и нетрадиционного платинометалльного сырья. СПб. Санкт-Петербургский горный ин-т. 2001, 106 с.

11. Бричкин В.Н. Процессы массовой кристаллизации из растворов в производстве глинозёма / В.Н.Бричкин, В.М. Сизяков. СПГИ (ТУ). СПб., 2005. 134 с.

12. Теляков Н.М. Теория и практика извлечения благородных металлов при комплексной переработке руд с применением сегрегационного и сульфатизирующего обжигов / Н.М. Теляков. Санкт-петербургский горный институт. СПб, 2000. 60 с.

13. Власов К.П. Методы научных исследований и организации эксперимента. СПб., СПГИ. 2000. 116 с.

14. Доброхотов Г.Н. Гидрометаллургические расчеты: Учебное пособие. Л.: ЛГИ, 1980. 102 с.

15. Шалыгин Л.М. Расчёты пирометаллургических процессов на основе простых математических моделей/ Л.М. Шалыгин, Т.Р. Косовцева, С.Н.Салтыкова. СПГИ (ТУ). СПб., 1996. 65 с.

16. Тихонов О.Н. Простые математические модели металлургических процессов. ЛГИ. Л., 1978. 109 с.

7.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

— Методические указания для самостоятельной работы аспирантов;

— Методические указания по практическим занятиям.

7.4. Ресурсы сети «Интернет»

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».

2. Библиотека ГОСТов www.gostrf.com.

3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>

4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России.
<http://www.gpntb.ru/>

5. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>

6. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>,
<http://www.tehlit.ru/>.

7. Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru>

7.5. Электронно-библиотечные системы:

- ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>
- ЭБС «ZnaniUM.COM» <https://znanium.com>
- ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>
- ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>
- Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL»
<https://informsystema.ru>
- Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>

7.6. Информационные справочные системы:

1. Система ГАРАНТ: информационный правовой портал [Электронный ресурс]. – Электр.дан. <http://www.garant.ru/>
2. Консультант Плюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. – Электр.дан. www.consultant.ru/
3. ООО «Современные медиа-технологии в образовании и культуре». <http://www.informio.ru/>.
4. Программное обеспечение Норма CS «Горное дело и полезные ископаемые» <https://softmap.ru/normacs/normacs-gornoe-delo-i-poleznye-iskopaemye/>
5. Информационно-справочная система «Техэксперт: Базовые нормативные документы» <http://www.cntd.ru/>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Аудитории для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

1. Оснащенность помещения для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: 13 посадочных мест, Стул – 13 шт., стол – 7 шт., доска маркерная – 1 шт. Мобильный мультимедийный комплекс – 1 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

2. Оснащенность помещения для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: 17 посадочных мест, Стул – 17 шт., стол – 9 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., Мобильный мультимедийный комплекс – 1 шт.

Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 12 посадочных мест. Стул – 12 шт., стол компьютерный – 3 шт., шкаф – 12 шт., шкаф-тумба – 1 шт. АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 12, принтер - 1 шт.

Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

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 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows 10 Professional Корпорация Майкрософт, срок полезного использования – бессрочно.

Microsoft Office Standard 2019 Russian Корпорация Майкрософт срок полезного использования – бессрочно

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security срок полезного использования – 17.12.21 - 17.12.22.