

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



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

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы
аспирантуры
профессор В.Ю. Бажин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ
ЗАНЯТИЙ**
**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ,
РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СЫРЬЯ
ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

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

Введение

Настоящие методические рекомендации разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Ресурсосберегающие технологии извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения» и предназначены для подготовки практических занятий с обучающимися. Подготовка к отдельному учебному занятию, а также к учебному курсу в целом – очень сложная работа, для которой недостаточно знаний по специальности, необходимы также знания по психологии, логике, риторике.

Для того чтобы подготовить хорошее занятие и грамотно оценить его место в системе учебного курса необходимы теоретические знания и опыт. Необходимо знать критерии оценки результатов учебного курса в целом и каждого занятия в отдельности (в том числе и то, как то и другое оценивают слушатели – аспиранты), правила подготовки грамотного преподнесения учебной информации слушателям. Важно и умение оценить свой опыт, понять, что нужно для того, чтобы обеспечить педагогическое саморазвитие.

Изучение аспирантами дисциплины «Ресурсосберегающие технологии извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения» включает

- 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.

Практические занятия направлены на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, а также выработку навыков практического решения задач, приобретение новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

Практические занятия – обязательная и неотъемлемая часть учебной работы аспиранта, направленная на:

- систематизацию, закрепление, углубление и расширение полученных теоретических знаний и практических умений;
- формирование умений использовать различные информационные источники: нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, творческой инициативы, ответственности и организованности;
- развитие исследовательских умений;
- приобретение навыков в преподавательской деятельности

В результате изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать способность и готовность:

1. 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;
2. использовать в профессиональной деятельности методы ресурсосбережения применительно к производству цветных, редких и благородных металлов;

3. 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;

4. разрабатывать ресурсосберегающие решения и оформлять связанные с этим документы на результаты интеллектуальной деятельности.

1. Методические рекомендации по организации практических занятий

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Практическим занятиям, как правило, предшествуют лекция. На лекции даются указания по организации и проведению практических занятий, порядке проведения промежуточной аттестации.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется метод ежемесячной аттестации обучающегося по итогам выполнения текущих аудиторных, включая практические занятия и самостоятельных (внеаудиторных) работ. Форма промежуточной аттестации: зачёт/дифференцированный зачет.

1.1. Организация практических занятий аспирантов

Практические занятия аспирантов - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы по данной дисциплине. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы аспиранта, предусмотренному учебным планом по дисциплине в текущем семестре.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Практическому занятию, лабораторной работе и самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы и срокам сдачи заданий или прохождения тестирования.

1.2. Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги и глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к дифференцированному зачету.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала.

1.3. Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, аспирантам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

Практические занятия по дисциплине «Ресурсосберегающие технологии извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения» включает подготовку по результатам лекционных занятий и изучения дополнительных материалов. В методических указаниях описываются действия, которые необходимо выполнить в рамках практических занятий.

2. Тематика практических занятий

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий
1.	Раздел 1. Физико-химические основы ресурсосберегающих процессов извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения	Термодинамические расчёты предельного выхода продуктов химических и электрохимических взаимодействий в технологических системах для производства чёрных, цветных и редких металлов. Кинетический анализ технологических процессов в металлургических системах для производства чёрных, цветных и редких металлов.
2.	Раздел 2. Технологические принципы и технологии ресурсосбережения при извлечении цветных, редких и благородных металлов из сырья природного и техногенного происхождения.	Проведение технологических, теплотехнических, электротехнологических и технико-экономических расчётов для оценки ресурсосберегающих процессов переработки сырья чёрных, цветных и редких металлов
3.	Раздел 3. Методология и методы оптимизации технических решений для достижения ресурсосберегающего эффекта.	Разработка математических планов для проведения экспериментального исследования ресурсосберегающих процессов и их оптимизации. Выполнение расчётов для математического описания и поиска области оптимума для реализации ресурсосберегающих процессов в производстве чёрных, цветных и редких металлов.
4.	Раздел 4. Разработка ресурсосберегающих решений и оформление связанной с этим документации на результаты интеллектуальной деятельности.	Интерпретация результатов расчётов и экспериментального исследования объектов металлургии. Формы представления результатов теоретических и экспериментальных исследований для ознакомления с ними научного сообщества. Разработка документов на регистрацию результатов интеллектуальной собственности.

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения и подходы к решению практических задач.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее основные понятия, новые незнакомые термины и названия, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги и к глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к промежуточной аттестации.

3. Подготовка к практическим занятиям

Основная цель практических занятий – закрепить в практической форме научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на прикладных аспектах её изучения, стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления в соответствии с основным содержанием изучаемой дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий
1.	Физико-химические основы ресурсосберегающих процессов извлечения цветных, редких и благородных металлов при переработке сырья природного и техногенного происхождения.	<p>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.</p> <p>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.</p>
2.	Технологические принципы и технологии ресурсосбережения при извлечении цветных, редких и	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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий
	<p>благородных металлов из сырья природного и техногенного происхождения.</p>	<p>вспомогательного сырья и актуальные проблемы её развития.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Создание экологически безопасных производств, отличающихся высокой глубиной переработки сырья на основе комплексного использования всех его компонентов, исключаящих накопление отходов. Переработка техногенных отходов и образований; Разработка и внедрение ресурсосберегающих технологических процессов и производств, обеспечивающих комплексное решение технико-экономических и экологических вопросов при добыче и переработке сырья природного и техногенного происхождения.</p> <p>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.</p>
3.	<p>Методология и методы оптимизации технических решений для достижения ресурсосберегающего эффекта.</p>	<p>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.</p>
4.	<p>Разработка ресурсосберегающих решений и оформление связанной с этим документации на результаты интеллектуальной деятельности.</p>	<p>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.</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий
		Основные пути и методы использования научных результатов. Оформление документов на результаты интеллектуальной деятельности при разработке ресурсосберегающих технологических решений.

Аспиранты должны приходить на практические занятия заранее подготовленными.

4. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Приведите примеры и проанализируйте энергосберегающие решения применительно к плавке сульфидных руд и концентратов с получением штейна.

2. Дайте характеристику комплексного 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 обеспечения ресурсосберегающего эффекта.

4. На примере переработки кондиционных цинковых концентратов поясните эффективность ресурсосберегающих решений на переделе обжига цинковых концентратов и при последующей переработке цинковых огарков с получением металлического цинка.

5. Поясните известные технологические приёмы, используемые для переработки свинцовых шлаков для извлечения, содержащихся в них ценных компонентов.

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

7. Опишите технологические принципы, используемые для создания системы водооборота 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 принцип технологии безаппаратного выщелачивания руд, приведите примеры её использования и значение для повышения эффективности переработки металлургического сырья.

10. Проанализируйте принцип рационального использования сырья на примере переработки апатит-нефелиновых руд.

11. Дайте характеристику комплексного использования сырья на примере переработки нефелиновых руд и концентратов.

12. Опишите основные технологические принципы, позволяющие обеспечить комплексную переработку бокситового сырья.

13. Дайте характеристику энергосберегающих решений, применяемых в автоклавных технологиях глинозёмного производства.

14. Принцип химического обогащения бокситов и его значение с позиций ресурсосбережения в производстве глинозёма.

15. Кислотные технологии переработки высококремнистого алюминиевого сырья и их значение для повышения энергоэффективности технологического процесса по сравнению с существующими щелочными способами.

16. Технологические принципы повышения качества глинозёма при переработке алюминийсодержащего сырья и их значение для достижения ресурсосберегающего эффекта при электролитическом получении алюминия.

17. Проанализируйте технологические принципы, обеспечивающие достижение ресурсосберегающего эффекта при электролитическом получении алюминия.

18. Дайте характеристику эффективности цикла Байера глинозёмного производства и технологических принципов ресурсосбережения при его реализации.

19. Опишите равновесие в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ и проанализируйте возможность достижения на её основе предельных значений технологического процесса по извлечению алюминия в раствор и его осаждения из раствора.

20. Дайте характеристику технологических принципов интенсификации технологических процессов на основе кинетики гетерогенных процессов.

21. Опишите физико-химическую природу процесса активации твёрдой фазы и её влияния на повышение эффективности технологического процесса.

22. Дайте термодинамическую характеристику технологических принципов глубокого осаждения металлов из растворов.

23. Объясните физико-химическую природу показателя «выход по току» и его значение для достижения ресурсосберегающего эффекта в ходе технологического процесса.

24. Объясните термодинамическую роль углерода в технологических процессах хлорирования оксидных соединений металлов и при электролитическом получении алюминия.

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 дробного факторного эксперимента, методологию планирования и его значение для снижения трудоёмкости исследования технологического процесса.

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 подхода для определения оптимального режима технологического процесса.

29. Дайте характеристику многофакторного эксперимента и его значение для определения оптимального режима технологического процесса, а также приведите пример научнообоснованного выбора технологически значимых факторов и интервалов их варьирования.

30. Опишите структурные элементы и их содержание в заявке на результаты интеллектуальной деятельности, связанные с разработкой технологического решения, обеспечивающего достижение ресурсосберегающего эффекта.

5. Рекомендуемая литература и источники в сети Интернет

5.1. 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://www.catalog.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://www.catalog.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.
12. Интеллектуальная собственность : законодательство и практика его применения: учеб. пособие / В.В. Белов, Г.В. Виталиев, Г.М. Денисов. М.: Юристъ. 1999. 288 с. http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=31.2я2%2FA 500-953117<.>
13. Закон РФ «Об авторском праве и смежных правах» от 9 июля 1993 г. № 5351-1 с изм. от 19 июля 1995 г. http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=31.2я2%2FA 500-953117<.>
14. Интеллектуальная собственность: научное издание / П.Б. Мэггс, А.П. Сергеев. М.: Юристъ. 2000. 400 с. http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=31.2я2%2FA 500-953117<.>

5.2. Дополнительная литература

1. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. Учебное пособие для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Интермет 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.: Интермет 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. СПГГИ (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., СПГГИ. 2000. 116 с.
14. Шариков Ю.В. Моделирование процессов и объектов в металлургии / Ю.В. Шариков, И.Н. Белоглазов, А.Ю. Фирсов. СПГГИ (ТУ). СПб., 2006. 83 с.
15. Протосеня А.Г. выбор оптимального варианта технологии металлургического процесса. Учебное пособие. Л., изд. ЛГИ, 1985. 71 с.
16. Грейвер Т.Н. Методы постановки и решения технологических задач. Учебное пособие / Т.Н. Грейвер, И.Г. Зайцева. Л., изд. ЛГИ, 1980. 74 с.
17. Доброхотов Г.Н. Гидрометаллургические расчеты: Учебное пособие. Л.: ЛГИ, 1980. 102 с.
18. Шалыгин Л.М. Расчёты пирометаллургических процессов на основе простых математических моделей/ Л.М. Шалыгин, Т.Р. Косовцева, С.Н.Салтыкова. СПГГИ (ТУ). СПб., 1996. 65 с.
19. Тихонов О.Н. Простые математические модели металлургических процессов. ЛГИ. Л., 1978. 109 с.
20. Арене В.Ж. Творчество в науке: учебное пособие. - Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2007. 326 с. <http://www.knigafund.ru/books/176177>
21. Левахин, В.И. Методика научных исследований: учебное пособие / В.И. Левахин, С.И. Николаев, А.В. Харламов, Г.И. Левахин. Волгоград: Волгоградский ГАУ. 2015. 88 с. <https://e.lanbook.com/book/76660>.

5.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

Коган В.Е. Методические указания для самостоятельной работы аспирантов <http://ior.spmi.ru>.

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

1. Основные информационно-справочные и поисковые системы патентных ведомств различных стран, базы данных российских и иностранных изобретений находятся в постоянном доступе на сайте патентного ведомства РФ (РОСПАТЕНТ, ФИПС) <http://www.fips.ru>
2. Информационно-поисковая система - поиск российского патентного документа РФ <http://www.fips.ru>
3. Открытые ресурсы - открытый реестр изобретений РФ - полезных моделей РФ - промышленных образцов РФ и другое -поиск патентного документа РФ по номеру (полное описание, формула) <http://www.fips.ru>
4. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
5. Электронно-библиотечная система издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
6. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>
7. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» <https://znanium.com>
8. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>
9. Электронно-библиотечная система «Elibrary» <https://elibrary.ru>
10. Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL» <https://informsystema.ru>
11. Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>
12. Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>
13. справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>.
14. Электронно-периодический справочник «Система Гарант» <http://www.garant.ru/>.