


**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  
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА ЛЁГКИХ И РЕДКИХ  
МЕТАЛЛОВ**

**Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

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

Санкт-Петербург

## Введение

Настоящие методические рекомендации разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Теория и практика производства лёгких и редких металлов» 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 «Теория и практика производства лёгких и редких металлов» включает

- изучение теоретических основ производства лёгких и редких металлов;
- изучение технологических принципов и закономерностей производства лёгких и редких металлов;
- приобретение навыков технико-экономической оценки известных и освоенных в промышленном масштабе технологических процессов производства лёгких и редких металлов.

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 продемонстрировать способность и готовность:

1. использовать полученные знания при выполнении научно-исследовательской работы и научного обоснования технологических процессов производства лёгких и редких металлов;
2. использовать полученные знания при разработке новых технологических процессов и технических решений для производства лёгких и редких металлов;
3. проводить технико-экономический анализ существующих и разрабатываемых технологических процессов производства лёгких и редких металлов.

## **1. Методические рекомендации по организации практических занятий**

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Практическим занятиям, как правило, предшествуют лекции. 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 «Теория и практика производства лёгких и редких металлов» 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 технологических процессов производства легких металлов	Термодинамические расчёты в системах для производства лёгких металлов. Кинетический анализ технологических процессов в металлургических системах для производства лёгких металлов.
2.	Раздел 2. Технологические принципы производства легких металлов	Технологические и технико-экономические расчёты в производстве лёгких металлов.
3.	Раздел 3. Физико-химические основы технологических процессов производства редких металлов	Термодинамические расчёты в системах для производства редких металлов. Кинетический анализ технологических процессов в металлургических системах для производства редких металлов.
4.	Раздел 4. Технологические принципы производства редких металлов	Технологические и технико-экономические расчёты в производстве редких металлов.

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 технологических процессов производства лёгких металлов	Современная отраслевая структура производства лёгких и редких металлов. Перспективы его устойчивого развития и актуальные вопросы повышения эффективности технологических процессов. Физико-химические системы для производства лёгких металлов и особенности кинетики ведущих технологических процессов. Актуальные вопросы исследования теоретических аспектов производства лёгких металлов для повышения эффективности технологических процессов их производства.
2.	Технологические принципы производства лёгких металлов.	Краткий анализ технологических принципов производства лёгких металлов и структуры технологических процессов их производства. Актуальные вопросы исследования технологических этапов производства лёгких металлов и повышения его эффективности. Существующие тренды создания новых высокоэффективных технологических схем производства лёгких металлов и попутной продукции.
3.	Физико-химические основы технологических процессов производства редких металлов	Физико-химические системы для производства редких металлов и особенности кинетики ведущих технологических процессов. Актуальные вопросы исследования теоретических аспектов производства редких металлов для повышения эффективности технологических процессов.
4.	Технологические принципы производства редких металлов.	Краткий анализ технологических принципов производства редких металлов и структуры технологических процессов их производства. Актуальные вопросы исследования технологических этапов производства редких металлов и повышения его эффективности. Существующие тренды создания новых высокоэффективных технологических схем производства редких металлов и попутной продукции.

Аспиранты должны приходиться на практические занятия заранее подготовленными.

#### 4. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Опишите технологические принципы, используемые для создания системы водооборота на металлургических предприятиях.
2. Дайте характеристику технологических решений, используемых в металлургических процессах для уменьшения газовых выбросов и связанных с ними загрязняющих веществ в воздушный бассейн.
3. Объясните принцип технологии безаппаратного выщелачивания руд, приведите примеры её использования и значение для повышения эффективности переработки металлургического сырья.
4. Проанализируйте принцип рационального использования сырья на примере переработки апатит-нефелиновых руд.
5. Дайте характеристику комплексного использования сырья на примере переработки нефелиновых руд и концентратов.
6. Опишите основные технологические принципы, позволяющие обеспечить комплексную переработку бокситового сырья.
7. Дайте характеристику энергосберегающих решений, применяемых в автоклавных технологиях глинозёмного производства.

8. Принцип химического обогащения бокситов и его значение с позиций ресурсосбережения в производстве глинозёма.
9. Кислотные технологии переработки высококремнистого алюминиевого сырья и их значение для повышения энергоэффективности технологического процесса по сравнению с существующими щелочными способами.
10. Технологические принципы повышения качества глинозёма при переработке алюминийсодержащего сырья и их значение для достижения ресурсосберегающего эффекта при электролитическом получении алюминия.
11. Проанализируйте технологические принципы, обеспечивающие достижение ресурсосберегающего эффекта при электролитическом получении алюминия.
12. Дайте характеристику эффективности цикла Байера глинозёмного производства и технологических принципов ресурсосбережения при его реализации.
13. 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.
14. Дайте характеристику технологических принципов интенсификации технологических процессов на основе кинетики гетерогенных процессов.
15. Опишите физико-химическую природу процесса активации твёрдой фазы и её влияния на повышение эффективности технологического процесса.
16. Дайте термодинамическую характеристику технологических принципов глубокого осаждения металлов из растворов.
17. Объясните физико-химическую природу показателя «выход по току» и его значение для достижения ресурсосберегающего эффекта в ходе технологического процесса.
18. Объясните термодинамическую роль углерода в технологических процессах хлорирования оксидных соединений металлов и при электролитическом получении алюминия.
19. Приведите принципиальную аппаратно-технологическую схему отделения и противоточной промывки твёрдой фазы с обоснованием принципов ресурсосбережения, вытекающих из теории процесса разделения фаз.

## 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](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#](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://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<.>](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<.>](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<.>](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. Металлургия 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. Металлургия 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/>