


**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 САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА ТЯЖЁЛЫХ И БЛАГОРОДНЫХ 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

Изучение аспирантами дисциплины «Теория и практика производства тяжёлых и благородных металлов» включает

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

Самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, а также выработку навыков самостоятельного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

Самостоятельная работа – 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:

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

### **1. Методические рекомендации по организации самостоятельного изучения дисциплины**

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, порядке проведения промежуточной аттестации.

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

#### **1.1. Организация самостоятельной работы аспирантов**

Самостоятельная работа 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).

Самостоятельная работа по дисциплине «Теория и практика тяжелых и благородных металлов» включает подготовку к лекционным занятиям и изучение дополнительных материалов. В методических указаниях описываются действия, которые необходимо выполнить в рамках самостоятельной работы.

## **2. Тематика самостоятельной работы**

### **Раздел 1. Физико-химические основы технологических процессов производства тяжёлых цветных металлов**

Современное состояние производства тяжёлых и благородных металлов: мировые тренды и баланс тяжёлых и благородных металлов в Российской Федерации.

Термодинамика ведущих технологических процессов в производстве меди, никеля и других тяжёлых цветных металлов. Кинетические и термодинамические аспекты повышения эффективности технологических процессов производства тяжёлых цветных металлов.

### **Раздел 2. Технологические принципы производства тяжёлых цветных металлов**

Основные направления совершенствования технологических процессов производства тяжёлых цветных металлов на примере современной металлургии меди, никеля и других тяжёлых цветных металлов.

### **Раздел 3. Физико-химические основы технологических процессов производства благородных металлов**

Термодинамика ведущих технологических процессов на примере систем для производства благородных металлов и платиноидов. Кинетические и термодинамические аспекты повышения эффективности технологических процессов производства благородных металлов и платиноидов.

#### **Раздел 4. Технологические принципы производства благородных металлов**

Основные направления совершенствования технологических процессов производства благородных металлов на примере современной металлургии золота, серебра и платиноидов.

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 лекционным занятиям**

Основная цель 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.

Аспиранты должны приходиться на лекционные занятия заранее подготовленными.

### **4. Контрольные вопросы для самопроверки**

1. В чем заключается традиционный пирометаллургический способ производства меди?
2. Что является целью окислительного обжига в пирометаллургии меди, в каких печах его осуществляют?
3. Назовите традиционные виды плавок на штейн в металлургии меди.
4. Какие минеральные фазы являются основными составляющими штейновых расплавов, получаемых при переработке сырья тяжелых цветных металлов?
5. Назовите основные достоинства и недостатки автогенных процессов.
6. Опишите процесс конвертирования меди. Что окисляется в ходе первого периода конвертирования медных штейнов в первую очередь?
7. Опишите процесс огневого рафинирования меди.
8. Чем определяется поведение примесей при электролитическом рафинировании меди?
9. Какие гидromеталлургические технологии применяют для переработки низкосортного медьсодержащего сырья?
10. Какие гидromеталлургические технологии применяют для переработки окисдных богатых медьсодержащих руд?
11. Для какого рода сырья применяют метод автоклавного выщелачивания?
12. В чем заключается пирометаллургическая переработка окисленных никелевых руд?
13. Какой сульфидизатор применяется при шахтной плавке окисленных никелевых руд?

14. Чем объясняется, что при конвертировании никелевых штейнов длительное время при "наборе" в отходящих газах отсутствует сернистый ангидрид?
15. Как необходимо вести процесс конвертирования для сохранения кобальта в файнштейне?
16. В чем заключается технология получения огневого никеля из файнштейна?
17. Какие гидрометаллургические технологии применяют для переработки окисленных никелевых руд?
18. Назовите отличия в пирометаллургических способах переработки окисленных и сульфидных никелевых руд.
19. С чем связано образование металлической фазы в файнштейне при конвертировании медно-никелевых штейнов?
20. Какими способами разделяют медь и никель, находящиеся в файнштейне?
21. Какое основное назначение диафрагмы при электролитическом рафинировании никеля?
22. На чем основана технология переработки электролитных шламов медно-никелевого производства комбината НГМК?

## 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://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.

## 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. 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.

## 5.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

- Методические указания для самостоятельной работы аспирантов;
- Методические указания по практическим занятиям.

#### **5.4. Ресурсы сети «Интернет»**

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».
2. Библиотека ГОСТов [www.gostrf.com](http://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>

#### **5.5. 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>

#### **5.6. 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/](http://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/>.