



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Санкт-Петербургский государственный технологический институт**  
**(технический университет)»**  
**(СПбГТИ(ТУ))**

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

 **А.П. Шевчик**

«24»  2022 г.

**ПРОГРАММА**  
**вступительных испытаний для приема на обучение по программе**  
**подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

По дисциплине

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕДКИХ, РАССЕЯННЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ**  
**ЭЛЕМЕНТОВ**

Научная специальность

2.6.8 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Санкт-Петербург

2022

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Рекомендуемая структура экзамена .....	3
2	Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена.....	3
3	Вопросы к вступительному экзамену.....	3
4	Литература.....	5
5	Методические указания по подготовке к вступительному экзамену.....	7

## 1. Рекомендуемая структура экзамена

- 1.1. Письменный ответ на два вопроса из списка экзаменационных вопросов.
- 1.2. Беседа с членами приемной комиссии по этим вопросам и вопросам, связанным со специальностью и будущим научным исследованием.

## 2. Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена

2.1 Понятие редкие элементы. Классификация редких элементов, области применения в современной науке и технике. Минералы и руды, рудные месторождения. Вторичное и техногенное сырье и его роль в сырьевой базе редких элементов.

2.2 Химия редких элементов

2.2.1 Положение редких и радиоактивных элементов в периодической системе Д.И. Менделеева и их электронное строение. Явление лантаноидного сжатия.

2.2.1 Физико-химические свойства редких элементов и их основных соединений.

2.2.2 Состояние редких элементов в растворах. Гидратация ионов и энергия гидратации. Комплексообразование в растворах.

2.3 Технология редких элементов

2.3.1 Пирометаллургические и гидрометаллургические процессы. Обогащение руд.

2.3.2 Выщелачивание и растворение.

2.3.3 Процессы кристаллизации, осаждения и соосаждения с коллекторами.

2.3.4 Процессы ионообменной сорбции, их физико-химические основы и применение в технологии редких элементов.

2.3.5 Процессы жидкостной экстракции, их физико-химические основы и применение в технологии редких элементов.

2.3.5 Электрохимические процессы, их физико-химические основы и применение в технологии редких элементов.

2.3.6 Методы получения и рафинирования металлов.

2.4 Редкие элементы в ядерной энергетике

2.4.1 Ядерный топливный цикл, ядерное топливо, реакторные материалы, теплоносители.

2.4.2 Переработка отработавшего ядерного топлива. Пурекс процесс

2.4.3 Радиоактивное загрязнение контуров ядерных энергетических установок (ЯЭУ), основные принципы и технология их дезактивации.

2.4.4 Классификация радиоактивных отходов и обращение с ними.

2.4.5 Коррозия конструкционных материалов ядерных энергетических установок, методы ее подавления и предотвращения, основные методы очистки водного теплоносителя

## 3. Вопросы к вступительному экзамену

1. Классификация редких элементов, области их применения в современной науке и технике.
2. Минералы и руды, рудные месторождения. Вторичное и техногенное сырье и его роль в сырьевой базе редких элементов.
3. Вторичное и техногенное сырье и его роль в сырьевой базе редких элементов.
4. Явление лантаноидного сжатия и его влияние на свойства химических элементов в периодической системе Д.И. Менделеева.
5. Гидратация ионов и энергия гидратации, влияние концентрации растворов на гидратацию ионов.
6. Комплексообразование в растворах, понятие ступенчатое комплексообразование.
7. Моно- и полидентантные лиганды. Хелаты.

8. Окислительно-восстановительные процессы в растворах и твердой фазе. Окислительно-восстановительные потенциалы.
9. Понятия пирометаллургические и гидрометаллургические процессы, роль гидрометаллургических процессов в технологии редких элементов.
10. Реагенты, используемые в процессах выщелачивания. Способы осуществления выщелачивания.
11. Кристаллизация из растворов. поведение основного вещества и примесей. Природа захвата примесей основным веществом и пути предотвращения этого явления.
12. Методы осаждения и соосаждения с коллектором.
13. Классификация ионообменных материалов.
14. Функциональные группы и матрицы ионообменных смол.
15. Природа селективности катионного и анионного обмена. Особенность сорбции на комплексообразующих ионитах. Изотермы сорбции.
16. Кинетика ионного обмена. Понятие скоростьюлимитирующей стадии и методы ее выявления.
17. Сорбция из пульпы и сорбция из осветленных растворов.
18. Сорбция в каскаде аппаратов статических условиях. Принцип расчета числа аппаратов при проведении ионообменного процесса в каскаде аппаратов с перемешиванием.
19. Оборудование для реализации ионообменных процессов.
20. Динамика ионообменной сорбции. Выходные кривые сорбции. Уравнение Шилова.
21. Десорбция. Выходные кривые элюирования. Виды ионообменной хроматографии.
22. Жидкостная экстракция. Классификация экстрагентов
23. Равновесие экстракционных процессов. Коэффициенты распределения и разделения. Изотермы экстракции.
24. Влияние разбавителя и модификатора на равновесие экстракции. Эффект высаливания.
25. Кинетика экстракционных процессов. Скоростьюлимитирующая стадия экстракционных процессов, варианты.
26. Оборудование для реализации экстракционных процессов.
27. Принципы расчета и построения экстракционных каскадов.
28. Электрохимические процессы. Восстановление на катоде, анодное растворение. Поляризационные кривые.
29. Процессы электроэкстракции и анодного рафинирования.
30. Цементация. Физико-химические основы процесса. Применение в технологии редких элементов.
31. Электродиализ. Применение электродиализа в процессах водоподготовки и синтезе соединений редких элементов.
32. Получение металлов. Металлотермия, силикотермия и карботермия, восстановление водородом.
33. Основы порошковой металлургии.
34. Дуговая, электронно-лучевая и плазменная плавка металлов.
35. Направленная кристаллизация и зонная плавка как методы получения высокочистых металлов.
36. Методы выращивания монокристаллов.
37. Химические транспортные реакции и их классификация.
38. Естественные радиоактивные элементы. Радиоактивные семейства.
39. Ядерное топливо. Твэлы. Телоносители.
40. Радиоактивное загрязнение контуров ядерных энергетических установок и способы их дезактивации.
41. Отработавшее ядерное топливо, состав.
42. Пурекс процесс.
43. Классификация радиоактивных отходов.

44. Обращение с радиоактивными отходами различного уровня активности.
45. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов.

## 4 Литература

### а) Печатные издания

1. Поляков, Е.Г. Металлургия редкоземельных металлов // Е.Г. Поляков, А.В. Нечаев, А.В. Смирнов. Москва: Metallurgizdat, 2018. - 732 с. - ISBN 978-5-902194-97-2.
2. Копырин, А.А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива /А.А. Копырин, А.И. Карелин, В.А. Карелин.- Москва: Атомэнергоиздат, 2006.- 576 с. - ISBN 5-98532-004-9.
3. Вольдман, Г.М. Теория гидрометаллургических процессов/ Г.М. Вольдман, А.Н. Зеликман. – Москва: Интернет Инжиниринг, 2003. - 464 с.- ISBN 5-89594-088-9.
4. Жидкостная экстракция редкоземельных элементов: учебное пособие/ А.А. Копырин, М.А. Афонин, А.А. Фомичев, М. С. Бахарев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких и рассеянных элементов. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2007. - 86 с.
5. Блохин, А.А. Технология молибдена и вольфрама: текст лекций /А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 93 с.
6. Блохин, А.А. Гидрометаллургия вольфрама: учебное пособие /А. А. Блохин, Ю. В. Мурашкин, А. А. Копырин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких и рассеянных. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009. - 91 с.
7. Российское редкоземельное сырьё и основные способы его переработки: учебное пособие /В.А. Кескинов, А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин, А.В. Нечаев, М.А. Афонин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 68 с.
8. Химия и технология скандия: учебное пособие /А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин, В.А. Кескинов, М.А. Афонин, А.В. Нечаев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 52 с.
9. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и основных параметров ионообменной установки по извлечению редких элементов из водных растворов. Аппаратурное оформление: учебное пособие/ Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 68 с.
10. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и оборудования для выщелачивания руд и концентратов: учебное пособие/ Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин;

Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 51 с.

11. Блохин, А.А. Ионообменный метод извлечения ванадия(V) из сульфатных растворов: практикум / А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2017. – 30 с.

12. Экстракционные и сорбционные процессы радиохимической технологии: учебное пособие / В. А. Винницкий, А.Ф. Нечаев, В.В. Прояев [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиозоологии и радиохимической технологии. – Санкт Петербург: СПбГИТИ(ТУ), 2015.- 69 с.

13. Технологии обеспечения радиационной безопасности на объектах с ЯЭУ/В. А. Василенко [и др.]; под общ. ред. В. А. Василенко; Гос. корпорация по атом. энергии "Росатом", ФГУП "НИТИ им. А. П. Александрова". - СПб.: Моринтех, 2010. – 576 с. - ISBN 978-5-93887-055-0.:

14. Пяртман, А.К. Функциональные и многофункциональные наноматериалы и нанокompозиты на основе редких элементов: учебное пособие / А.К. Пяртман, А.А. Копырин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 162 с.

15. Блохин, А.А. Кристаллизация из растворов как метод очистки неорганических веществ: учебное пособие / А. А. Блохин, Ю. В. Мурашкин, А. А. Копырин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких и рассеянных элементов. - Санкт-Петербург: 2009. - 26 с.

16. Блохин, А.А. Кинетика ионного обмена: методические указания /А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин, А.А. Копырин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких и рассеянных элементов. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009. - 22 с.

17. Ежовский, Ю.К. Чистые и особо чистые вещества: Учебное пособие /Ю. К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 91 с.

18. Прояев, В.В. Технологии реабилитации загрязненных территорий и промышленных площадок: учебное пособие /В.В. Прояев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра инженерной радиозоологии и радиохимической технологии. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 164 с.

19. Коряковский Ю.С. Дезактивация: обеспечение радиационной безопасности на предприятиях ядерной отрасли: учебное пособие /Ю.С.Коряковский, В.А.Доильницын, А.А.Акатов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт

(технический университет), кафедра инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 151 с.

20. Блохин, А.А. Определение физико-химических характеристик ионитов: метод. указания. А. А. Блохин, Ю. В. Мурашкин, А. А. Копырин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких и рассеянных элементов. - Санкт-Петербург: 2003. - 28 с.

#### **б) электронные издания**

1. Мурашкин, Ю.В. Экстракционные процессы переработки отработавшего ядерного топлива: практикум / Ю.В. Мурашкин, В.А. Кескинов, А.А. Блохин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2021. – 69 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека.-URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 10.01.2022) – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

### **5 Методические указания по подготовке к вступительному экзамену**

При подготовке к вступительному экзамену поступающим в аспирантуру следует сначала ознакомиться с рекомендованной литературой и, при необходимости, составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими по вопросам, приведенным в п.2. программы вступительных испытаний.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов и обучающих программ, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

Например, рекомендуется использование следующих сайтов:

1. Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета - <http://bibl.lti-gti.ru>
2. Российская государственная библиотека - [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
3. Российская национальная библиотека - [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
4. Библиотека Академии наук - [www.rasl.ru](http://www.rasl.ru)
5. Библиотека по естественным наукам РАН - [www.benran.ru](http://www.benran.ru)
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) - [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека - [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - [elibrary.ru](http://elibrary.ru)