

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шевчик Андрей Павлович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 22.11.2022 15:27:07  
Уникальный программный ключ:  
476b4264da36714552dc83748d2961662bab012



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

УТВЕРЖДАЮ

Ректор \_\_\_\_\_ А.П. Шевчик

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНОЛОГИЯ РЕДКИХ, РАССЕЯННЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Научная специальность**  
**2.6.8 Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов**

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

Очная форма обучения

**Санкт-Петербург**  
**2022**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик (ученая степень, ученое звание, должность)	Подпись	Фамилия, инициалы
д.т.н., профессор, зав. кафедрой технологии редких элементов и наноматериалов на их основе		А.А. Блохин
д.х.н., и. о. зав. кафедрой инженерной радиэкологии и радиохимической технологии		А.В. Румянцев

Программа рабочей программы дисциплины обсуждена на совместно заседании кафедры редких элементов и наноматериалов на их основе и кафедры инженерной радиэкологии и радиохимической технологии,  
протокол от 18 января 2022 № 3

Заведующий кафедрой технологии редких элементов и наноматериалов на их основе

А.А. Блохин

И. о. заведующего кафедрой инженерной радиэкологии и радиохимической технологии

А.В. Румянцев

## СОГЛАСОВАНО

Ответственный за подготовку программы – заведующий кафедрой технологии редких элементов и наноматериалов на их основе		А.А. Блохин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник отдела аспирантуры и докторантуры		О.Н. Еронько

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Объем дисциплины .....	4
4. Содержание дисциплины.....	5
5. Порядок проведения промежуточной аттестации.....	6
6. Рекомендуемая литература .....	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	9
8. Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины.....	9
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	10
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	10
11. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	10

## 1. Перечень планируемых результатов освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины – углубленное изучение наиболее важных и актуальных теоретических и практических вопросов, охватываемых паспортом специальности 2.6.11 «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов», приобретение навыков использования научных методов и средств для решения теоретических и прикладных задач научной специальности, подготовка к сдаче кандидатского экзамена по специальности «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Задачи изучения дисциплины:

- углубление и расширение теоретических знаний по технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов
- овладение методами и средствами научного исследования в технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов;
- систематизация знаний в области технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов;
- подготовка к сдаче кандидатского экзамена по технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

В результате освоения образовательной программы аспирантуры аспирант должен продемонстрировать следующие результаты освоения дисциплины «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»:

- способность демонстрировать и применять углубленные знания в профессиональной деятельности в области технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов;
- способность адаптировать новое знание в узкопрофессиональной и междисциплинарной деятельности в области технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов;
- способность к самостоятельному построению и аргументированному представлению научной гипотезы;
- свободное владение всеми разделами технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов, умение ориентироваться в разнообразии методологических подходов.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» относится к образовательному компоненту программы аспирантуры и представляет обязательные элективные дисциплины, направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов. Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 и 4 семестрах.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе аспиранта.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>5/ 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>40</b>
Обзорно-установочные лекции и консультации	40

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>104</b>
<b>Форма промежуточной аттестации - кандидатский экзамен (4 сем.)</b>	<b>36</b>

Рабочая программа дисциплины рассчитана на **5 ЗЕТ (180 час.)**, из них около 20% могут составлять аудиторные занятия, включая обзорно-установочные лекции, консультации с преподавателем. Основная часть работы аспиранта является самостоятельной и включает изучение рекомендованной преподавателем литературы, работу с источниками, подготовку к кандидатскому экзамену.

Обзорно-установочные лекции и консультации могут проводиться, в том числе, с использованием дистанционных образовательных технологий, электронного обучения.

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Обзорно- установочные лекции, консультации акад. часы	Самостоятельн ая работа, акад. часы
1	Химия редких элементов	10	25
2	Технология редких элементов	20	45
3	Редкие элементы в ядерной энергетике	10	34

##### 4.2. Обзорно-установочные лекции

№ разд. дисц.	Наименование тем обзорно-установочных лекций	Объем, акад. часы
1	Положение редких и радиоактивных элементов в периодической системе Д.И. Менделеева и их электронное строение. Классификация редких элементов, области применения в современной науке и технике. Состояние в растворах: гидратация, комплексообразование в растворах константы устойчивости комплексных ионов. Гидролиз и полимеризация. Окислительно-восстановительные реакции в растворах.	10

№ разд. дисц.	Наименование тем обзорно-установочных лекций	Объем, акад. часы
2	Формы нахождения редких элементов в земной коре, минералы и руды. Вторичное и техногенное сырье. Специфика технологии редких и радиоактивных элементов. Пирометаллургические и гидрометаллургические процессы и их сочетание. Выщелачивание и растворение. Процессы кристаллизации, осаждения и соосаждения с коллекторами. Ионообменная сорбция и жидкостная экстракция, их значение в технологии редких элементов. Электрохимические процессы. Цементация из растворов, электродиализ. Получение и рафинирование металлов. Экологические аспекты редкометалльного производства.	20
3	Ядерный топливный цикл, ядерное топливо, реакторные материалы, теплоносители. Переработка отработавшего ядерного топлива. Технология дезактивации. Обращение с радиоактивными отходами.	

#### 4.3. Самостоятельная работа аспирантов.

№ разд. дисц.	Наименование тем для самостоятельной работы	Объем, акад. часы
1	Лантаноидное сжатие и влияние этого явления на химические свойства элементов. Внутрисферные и внешнесферные комплексы. Ступенчатое комплексообразование. Устойчивость комплексных соединений в растворах. Расчет распределения различных форм существования редких элементов в растворах исходя из значений констант устойчивости их соединений.	50
2	Физико-химические основы процессов, применяемых в технологии редких элементов. Обоснование выбора реагентов для процессов растворения и выщелачивания, ионообменных материалов или экстрагентов при использовании методов ионообменной сорбции или жидкостной экстракции для решения той или иной задачи. Процессы десорбции и рекстракции. Виды ионообменной хроматографии. Принципы расчета экстракционных каскадов.	
3	Пурекс процесс и пути его совершенствования. Основные принципы и технология дезактивации контуров ядерных энергетических установок (ЯЭУ), составы рецептур, режимы обработки, технические средства. Коррозия конструкционных материалов энергетических установок. Характеристика продуктов коррозии. Методы подавления и	

#### 5. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме кандидатского экзамена в соответствии с избранной специальностью.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных результатов обучения по дисциплине и комплектуется вопросами, представленными в

программе кандидатского экзамена по научной специальности 2.6.8 «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

## **6. Рекомендуемая 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 радиозоологии 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.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

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)
9. Реферативная база данных научных публикаций Web of Science - [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)
10. Электронно-библиотечная система "Лань" <http://e.lanbook.com>

#### **8. Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины.**

Методические указания для аспирантов по организации самостоятельной работы

по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте Медиа: <http://media.technolog.edu.ru>

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на оба семестра, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для аспирантов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

В ходе обзорно-установочных лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на выполнение самостоятельной работы.

В ходе лекций аспирантам рекомендуется:

- вести конспектирование учебного материала;
- обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений или процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению;
- задавать преподавателю уточняющие вопросы.

Самостоятельная работа – ключевой аспект освоения аспирантом дисциплины «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов», основывающийся на понимании материала, излагаемого в ходе обзорно-установочных лекций, самостоятельном поиске, подборе и обработке информации. При этом значительную часть необходимых для освоения курса данных необходимо будет найти в научной литературе.

## **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **9.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с аспирантом посредством электронно-информационной образовательной среды.

### **9.2. Программное обеспечение.**

Windows XP Starter Edition. (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), Microsoft Office (Microsoft Excel): Office 2007 Russian OLP NL AE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), Office Std 2013 Rus OLP NL (Контракт № 02(03)15 от 15.01.2015, срок действия -20 лет), LibreOffice (открытая лицензия), стандартные компьютерные программы, находящиеся в свободном доступе, в частности, Mathcad 14. Professional, Microsoft Excel, Image J.

### **9.3. Информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Для ведения лекций используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

доступ к фондам учебных пособий, библиотечным фондам с периодическими изданиями по соответствующим темам, наличие компьютеров, подключенных к сети Интернет и оснащенных средствами медиапрезентаций (медиакоммуникаций);

#### **11. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.