

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

**Программа**  
**вступительных испытаний в магистратуру**  
**по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология**  
**по магистерской программе**  
**«Технология обезвреживания и переработка техногенных отходов, газо-**  
**и водоочистка»**  
**Руководитель программы: к.х.н., доцент кафедры технологии**  
**неорганических веществ и электрохимических процессов**  
**Бродский Владимир Александрович**

Москва 2026

Разработчики программы:

- доцент кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, к.х.н., доцент В.А. Бродский;
- профессор кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, д.т.н., профессор Т.В. Конькова

## 1. Введение

Программа вступительных испытаний по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры «Технология обезвреживания и переработка техногенных отходов, газо- и водоочистка» предназначена для лиц, желающих поступить в магистратуру РХТУ им. Д.И. Менделеева по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология. Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников классических университетов, технологических и технических вузов, в основных образовательных программах подготовки которых содержатся дисциплины, рабочие программы которых аналогичны по наименованию и основному содержанию рабочим программам перечисленных ниже учебных дисциплин, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева по уровню бакалавриата. Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева: «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Аналитическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Моделирование химико-технологических процессов», «Теоретические основы технологии неорганических веществ», «Техника экспериментальных исследований» и других специальных учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева в рамках направления подготовки 18.03.01 Химическая технология.

Подготовка обучающихся к профессиональной деятельности, объектами которой являются сточные воды отдельных производств, методы их очистки, обезвреживания, переработки и регенерации.

Цели обучения состоят в приобретении знаний, умений, владений и формировании компетенций в области обезвреживания, утилизации, переработки и транспортировки техногенных отходов, в том числе очистки сточных вод промышленных объектов, таких как производство неорганических веществ и печатных плат, гальваническое производство. Программа предполагает изучение технологий получения целевых продуктов из вторичных ресурсов, методы регенерации технологических растворов и очистки сточных вод, централизованное обезвреживание жидких техногенных отходов в РФ I-II класса опасности, а также основы проектирования технологических схем переработки техногенных отходов.

Выпускники магистерской программы могут работать в международных и российских компаниях и на предприятиях в области обезвреживания, утилизации, переработки и транспортировки техногенных отходов,

заниматься научно-исследовательской деятельностью, занимать должности, связанные с аналитической и консультационной деятельностью в данной сфере.

## **2. Содержание программы**

### **2.1 Водоочистка и регенерация технологических растворов на промышленных объектах**

Современные методы очистки сточных вод (физико-химические, электрохимические, мембранные) организации водооборота и водоподготовки. Основные подходы, применяемые при выборе методов очистки сточных вод реальных промышленных предприятий. Основное оборудование для регенерации растворов и реализации современных методов очистки сточных вод, водоподготовки, водооборота промышленных предприятий. Технологические растворы, применяемые при обработке поверхности металлов. Современные методы, технологии, технологические приемы, режимы работы установок для регенерации растворов.

### **2.2 Экологический катализ: научные и практические аспекты**

Глобальные экологические проблемы, основные источники загрязнения окружающей среды, организация химического производства с точки зрения «зеленой химии». Основные каталитические процессы экологического катализа, направленные на обезвреживание газовых выбросов и сточных вод. Механизмы основных гетерогенно-каталитических реакций экологического назначения и их общие кинетические закономерности. Физические методы исследования кинетики реакций *in situ*. Современные методы характеристики катализаторов: рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгенофотоэлектронная спектроскопия, электронная микроскопия, EXAFS, XANES, термопрограммируемая десорбция и др. Методы реализации процессов «зеленой химии».

### **2.3. Ресурсосберегающие процессы переработки техногенных отходов**

Классификация техногенных отходов и их влияние на экологию и возможность их утилизации. Направления и основные принципы ресурсосберегающих технологий. Стандартные технологические схемы пригодные для получения химических продуктов из техногенных отходов.

### **2.4. Проектирование технологических схем обезвреживания жидких техногенных отходов**

Современные методы регенерации растворов на основе кислот, щелочей, лигандов, растворителей. Современное оборудование для регенерации растворов. Технологии, технологические приемы, режимы работы установок для регенерации растворов. Направления использования

удаляемых загрязняющих веществ из технологических растворов. Методы обезвреживания отработанных растворов на очистных сооружениях промышленного объекта.

## **2.5. Транспортировка, размещение и переработка жидких и твёрдых техногенных отходов. Нормативно-правовая база**

Виды отходов и их классификацию по различным признакам. Классификация и кодирование отходов по Федеральному квалификационному каталогу отходов (ФККО). Методы подготовки осадков сточных вод к обезвоживанию, утилизации, захоронению. Основные методы обезвоживания, обезвреживания и утилизации осадков с получением ценных продуктов. Основные направления по сокращению образования твердых отходов в промышленности. Основные методы переработки и захоронения отходов в зависимости от их состава и агрегатного состояния. Основы законодательного регулирования обращения с отходами. Регламентированная система отбора и доставки отходов к месту переработки. Законодательная база и правила транспортировки промышленных отходов. Классификация опасных грузов. Общие требования, предъявляемые к таре, упаковке и маркировке.

## **2.6. Материаловедение и конструкционные материалы в технологии переработки техногенных отходов**

Современные и перспективные конструкционные и функциональные материалы в технологии переработки техногенных отходов. Свойства различных групп материалов. Области применения материалов.

## **2.7. Адсорбционные процессы для очистки и обезвреживания газовых и жидких сред**

Научные основы адсорбционных процессов. Базовые технологии обезвреживания газовых выбросов и жидких отходов сорбционными методами. Основное оборудование и применяемые адсорбенты для решения поставленных задач в области адсорбционных технологий. Теоретические основы проектирования. Выбор адсорбентов и оборудования для проектирования процессов обезвреживания жидких и газовых сред сорбционными методами.

## **2.8. Ресурсоэффективные технологии переработки отходов химических производств**

Классификация вторичных ресурсов и области их возможного применения. Направления использования вторичных ресурсов в технологии неорганических веществ и смежных отраслях промышленности. Потенциальные стандартные технологические схемы, пригодные к переработке вторичных ресурсов. Математическое описание отдельных стадий переработки вторсырья.

## **2.9 Синтез и применение функциональных материалов для обезвреживания техногенных отходов**

Синтез, дизайн и классификация функциональных материалов. Основные методы физико-химического анализа функциональных материалов. Методы синтеза твердых растворов заданной кристаллической структуры. Золь-гель метод получения материалов, особенности проведения стадий синтеза и их влияние на свойства конечного продукта. Формирование пористой структуры адсорбентов, катализаторов и их носителей в процессе сушки и термообработки. Органические и неорганические носители катализаторов: свойства, способы их получения. Способы нанесения и закрепления активных компонентов на поверхности носителя. Влияние природы предшественника активного компонента на активность катализатора. Области применения функциональных материалов.

### **2.10. Переработка и обезвреживание отходов, содержащих органические вещества**

Теоретические основы процессов обезвреживания жидких и твёрдых органических техногенных отходов. Классификация методов обработки отходов для различных классов органических соединений и фазового состояния. Технологии, оборудование для обезвреживания газовых выбросов, образующихся при термическом обезвреживании органических отходов. Направления утилизации вторичных продуктов полученных при обезвреживании органических отходов.

### **3. Профильные дисциплины:**

- Водоочистка и регенерация технологических растворов на промышленных объектах
  - Экологический катализ: научные и практические аспекты
  - Ресурсосберегающие процессы переработки техногенных отходов
  - Проектирование технологических схем обезвреживания жидких техногенных отходов
  - Транспортировка, размещение и переработка жидких и твёрдых техногенных отходов. Нормативно-правовая база
  - Материаловедение и конструкционные материалы в технологии переработки техногенных отходов
  - Адсорбционные процессы для очистки и обезвреживания газовых и жидких сред
  - Ресурсоэффективные технологии переработки отходов химических производств

- Синтез и применение функциональных материалов для обезвреживания техногенных отходов
- Переработка и обезвреживание отходов, содержащих органические вещества

#### **4. Партнеры программы**

Партнеры программы - предприятия и организации, которые тесно сотрудничают с факультетом/кафедрой и могут предложить студентам места прохождения практики и дальнейшее трудоустройство.

- Федеральный экологический оператор Росатом – ФЭО;
- ООО «БМТ»;
- ООО РУС;
- ООО Фирма «ЭКОТРАК».

#### **5. Вопросы для подготовки к вступительным испытаниям**

1. Образование жидких и твёрдых техногенных отходов на химическом производстве. Экологическая опасность. Подходы к обезвреживанию.
2. Промышленные техногенные отходы, в том числе I-II класса опасности. Примеры источников образования отходов.
3. Реагентные методы очистки сточных вод (окисление, восстановление, нейтрализация, химическое осаждение). Характеристики, область применения.
4. Мембранные методы очистки сточных вод. Характеристики, область применения.
5. Сравнение методов водоочистки (ионный обмен, обратный осмос). Эффективность, энергозатраты.
6. Современные методы очистки сточных вод химических производств от органических и неорганических загрязнений.
7. Подходы к обезвреживанию и утилизация твердых органических и неорганических отходов.
8. Твердые техногенные отходы в химической технологии и электрохимических производствах.
9. Предварительные методы очистки сточных вод (фильтрация, коагуляция, флокуляция и др.).
10. Методы обессоливания воды. Принципы работы. Достоинства и недостатки.
11. Каталитические процессы. Окислительные методы удаления органических веществ из сточных вод и технологических растворов, примеры.

12. Ионный обмен, основы, области применения для очистки сточных вод, примеры.
13. Физико-химические основы адсорбции, адсорбенты, водоочистка.
14. Флотационные технологии очистки сточных вод, электрофлотация, примеры.
15. Электрохимические технологии очистки сточных вод, примеры.
16. Биологические методы очистки, примеры.
17. Осадительные методы очистки сточных вод, коагуляция, флокуляция, реагенты.
18. Примеси, присутствующие в газовых выбросах, каталитические методы очистки.
19. Механические методы очистки сточных вод, отстаивание, фильтрование, примеры.
20. Примеси, присутствующие в газовых выбросах, адсорбционные методы очистки, примеры.

## **6. Рекомендованная литература**

- 1.Рябчиков Б.Е. Современная водоподготовка. - М.: ДеЛи плюс, 2013 680 с.
- 2.Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. М. МЭИ. 2006, 309 с.
- 3.А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, О.В. Хоружий, С.Л. Громов, А.Р. Сидоров. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке. - М.: ДеЛи плюс, 2012. 429 с.
- 4.А.В. Десятов, А.Е. Баранов, Е.А. Баранов, Н.П. Какуркин, Н.Н.Казанцева, А.В. Асеев. Опыт использования мембранных технологий для очистки и опреснения воды. Под ред. акад. А.С. Коротеева. М.: Химия, 2008. 240 с.
- 5.Орлов Н.С. Промышленное применение мембранных процессов: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2007. 168 с.
6. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности/ Учебник для студентов технических и технологических специальностей. Калуга: Издательство Н.Ф. Бочкаревой, 2007. 800 с.
- 7.Милютин В.В., Алехина М.Б. Рябчиков Б.Е. Современные методы очистки техногенных сточных вод от токсичных примесей: учеб. пособие / М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2016. 132 с.
8. А.В.Десятов, А.Е.Баранов, Е.А.Баранов, Н.П.Какуркин, Н.Н.Казанцева, А.В.Асеев. Опыт использования мембранных технологий для очистки и опреснения воды. Под ред. А.С.Коротеева. М.:Химия, 2008. 240 с.

9. Зайцев В.А. Промышленная экология: Учебное пособие/ В.А. Зайцев. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 383 с.
10. Вода техногенная: проблемы, технологии, ресурсная ценность / З. М. Шульгина, В. В. Багров, А.В. Десятов и др. Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. 401 с.
11. Колесников В. А., Меньшутина Н. В., Десятов А. В. Оборудование, технологии и проектирование систем очистки сточных вод. М: ДеЛи плюс, 2016. 289 с.
12. Позин М.Е., Зинюк Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. Л.: Химия, 1985.