

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке

РХТУ им. Д.И. Менделеева

*А.А. Щербина*  
А.А. Щербина

«12» декабря 2022 г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

**1.5.15. ЭКОЛОГИЯ**

Москва 2022 г

Программа составлена чл.-корр. РАН, д.х.н., проф. кафедры ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития» Н.П. Тарасовой, д.т.н., проф. зав. кафедрой «Промышленная экология» Н.Е. Кручининой.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### **Введение.**

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: общая экология; науки о Земле; безопасность жизнедеятельности; промышленная экология, рациональное природопользование, малоотходные и природоподобные производства; обращение с твердыми отходами производства и потребления; основы токсикологии; оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС); экологический менеджмент и экологическое аудирование; теоретические основы защиты окружающей среды, процессы и аппараты защиты окружающей среды; методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг; зеленая химия для устойчивого развития.

### **1. Общая экология.**

Основные понятия экологии: популяция, сообщество, абиотическая среда, биогеоценоз, экологическая система; энергия в экосистемах, трофические цепи и уровни; структура и основные компоненты экосистемы; свойства экологических систем и закономерности их функционирования. Гомеостаз экосистем; популяционный анализ; искусственные экосистемы; моделирование экосистем; строение биосферы. Основы климатологии; основы почвоведения; роль почвы в биосферных процессах; факторы и условия почвообразования; эрозия и деградация почв. Основы биогеохимии; биогеохимический круговорот вещества и связанные с ним формы удержания, перераспределения и накопления энергии; биогеохимические круговороты основных биогенных элементов и их нарушение человеком; основные понятия системной экологии. Экология человека и проблемы экоразвития; экологическое нормирование; глобальные и региональные экологические проблемы. Принципы экологического подхода к оценке и анализу процессов и явлений, происходящих в окружающей среде.

## **2. Науки о Земле.**

*Почвоведение.* Роль почвы в биосферных процессах; факторы и условия почвообразования; основные почвенные процессы; обмен энергией и веществом между литосферой, биосферой и внешней средой; закон зональности, основные типы и свойства почв по почвенно-географическим законам; строение и состав почв. Моделирование и прогнозирование почвенных процессов; изменения почв при освоении, мелиорации и рекультивации; бонитировка и экономическая оценка почв; окультуривание почв; эрозия и деградация почв. *Гидрология.* Основы гидрометрии; общие закономерности гидрологических процессов; способы определения расчетных характеристик годового стока и его распределения по месяцам; определение максимального и минимального стока. Методика расчета испарения с водной поверхности и суши; водно-балансовые расчеты при наличии, недостатке и отсутствии гидрологических наблюдений. Расчет регулирования стока и трансформации паводков водохранилищами; расчет потерь воды из водохранилищ. *Климатология и метеорология.* Климат и климатообразующие факторы; формирование и динамика климата; антропогенное влияние на климат Земли; солнечная радиация, радиационный баланс, фотосинтетически активная радиация; микроклимат и фитоклимат; метеорологические наблюдения и прогнозы. *Геология и гидрогеология.* Строение, состояние Земли и земной коры; эндогенные и экзогенные геологические процессы; процессы формирования, состав и свойства подземных вод; прогноз изменения количества и качества подземных вод. *Ландшафтоведение.* Классификация геосистем; функционирование, продуктивность, устойчивость ландшафтов; ландшафт и этногенетические процессы.

## **3. Безопасность жизнедеятельности.**

Человек и среда обитания; характерные состояния системы «человек-среда обитания»; негативные факторы техносферы, их воздействия на человека, техносферу и природную среду; безопасность в чрезвычайных ситуациях; управление безопасностью жизнедеятельности; правовые и нормативно-технические основы управления; международное сотрудничество в области безопасности жизнедеятельности.

## **4. Промышленная экология, рациональное природопользование, малоотходные и природоподобные производства.**

Рациональное природопользование. Системный подход к природопользованию. Анализ потоков в эколого-экономической системе. Техногенный круговорот веществ. Понятие об эколого-экономических системах. Понятие малоотходного и природоподобного производства. Основные критерии и принципы создания таких производств; комплексное использование ресурсов, цикличность материальных потоков, ограничение воздействия производства на окружающую среду и т.д. Использование энергии в безотходном производстве. Рациональное использование энергии.

Ограничения второго закона термодинамики. Организация замкнутых циклов в производстве. Материальные и энергетические балансы предприятий комплексное использование сырья и энергии. Учет нормирования нагрузки на окружающую среду при организации природоподобных производств.

## **5. Рациональное использование воздуха, воды и обращение с твердыми отходами производства и потребления.**

Сырье, вода и энергия в промышленности. Классификация сырьевых ресурсов по различным признакам – фазовому состоянию, происхождению, источникам. Минеральное сырье (руды и полезные ископаемые), органическое природное сырье (горючие ископаемые), растительное и животное сырье, вторичное сырье – их использование и пути переработки. Основные способы первичной обработки сырья (обогащение, очистка, подготовка к транспортировке и переработке). Понятие, сущность и примеры углубления использования сырья, комбинирования производств и комплексной переработки сырья.

*Понятие атмосферы.* Рациональное использование атмосферного воздуха. Анализ основных источников загрязнения атмосферы. Тенденции их развития. Очистка отходящих газов. Основные методы, достоинства и недостатки особенности их использования и аппаратного оформления в зависимости от производства и регионов. Уменьшение выбросов в атмосферу путем совершенствования технологий. Очистка промышленных выбросов от твердых частиц и аэрозолей, оксидов серы и азота, хлор- и фторсодержащих газов, органических загрязнителей и оксида углерода. Замкнутые газооборотные циклы.

*Понятие гидросферы.* Значение и использование воды в химических производствах. Источники воды и характеристики воды различного происхождения. Требования к воде технологического и коммунально-бытового назначения. Рациональное использование воды. Водный баланс. Ресурсы пресной воды. Промышленная подготовка воды и методы ее очистки от примесей. Основные показатели качества и методы контроля качества воды. Экономия водопотребления в производстве. Водооборотные системы.

Основные системы и проблемы водоотведения промышленных предприятий. Состав и свойства сточных вод. Пути уменьшения степени загрязнения и объема сточных вод. Очистка сточных вод. Основные способы. Физико-химические основы процессов очистки. Достоинства и недостатки, аппаратное оформление. Очистка сточных вод от твердых веществ и эмульсий. Реагентные, мембранные, электрохимические методы очистки сточных вод. Очистка сточных вод, основанная на фазовых переходах (выпарка, дистилляция, кристаллизация). Опреснение воды. Использование сорбционных методов очистки природных и сточных вод, выделение ценных компонентов. Биохимические методы очистки. Необходимые условия и требования к биохимической очистке. Аэробные и анаэробные процессы.

Активный ил. Биофильтры. Основные характеристики процесса биохимической очистки. Способы организации биохимической очистки.

Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий. Экономическая оценка различных методов очистки сточных вод и замкнутых водооборотных систем. Перспективы их совершенствования.

*Понятие литосферы.* Переработка и утилизация отходов производства и потребления. Классификация отходов. Вторичные материальные ресурсы. Общие и специальные методы переработки отходов. Система сбора и переработки промышленных отходов. Сбор, переработка, обезвреживание и утилизация твердых бытовых отходов.

Обезвреживание, переработка и утилизация отходов сельскохозяйственных комплексов. Обезвреживание, переработка и захоронение токсичных и радиоактивных отходов. Особенности работы с токсичными и радиоактивными отходами. Порядок накопления, транспортировка, обезвреживание и захоронение токсичных промышленных отходов. Полигоны по их обезвреживанию и захоронению. Радиоактивные отходы. Подготовка и захоронение радиоактивных отходов. Специальные полигоны.

Загрязнение окружающей среды твердыми коммунальными (бытовыми) отходами. Требования законодательства РФ в части обращения с отходами. Организация управления отходами, внедрение новейших технологий и оборудования для сбора, удаления, обезвреживания и утилизации ТКО.

## **6. Основы токсикологии.**

Основные понятия токсикологии; параметры и основные закономерности токсикометрии; определение токсикологических характеристик; санитарно-гигиеническое нормирование; предельно допустимые и временно допустимые концентрации; специфика и механизм токсического действия вредных веществ; воздействие химических веществ на популяции и экосистемы; специфика воздействия радиоактивного излучения.

## **7. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) и экологическая экспертиза.**

Организация и развитие деятельности по управлению воздействием на окружающую среду в Российской Федерации. Процедура ОВОС при обосновании проекта, выборе площадки строительства, разработке проектов (ТЭО) строительства предприятий. Организация работ при проведении государственной и общественной экологической экспертизы. Сравнение вариантов проектных решений (оценка экологической эффективности технологических процессов и производств).

## **8. Экологический менеджмент и экологическое аудирование.**

Понятие «Экологический менеджмент», система международных стандартов ISO 14000. Система экологического менеджмента; экологическая политика и цели промышленных предприятий; планирование, организация и практическая реализация деятельности в области экологического менеджмента; программа экологического менеджмента. Экономическая эффективность экологического менеджмента; аудирование как вид профессиональной экологической деятельности; классификация программ аудирования; общая методика разработки и реализации программы аудита систем экологического менеджмента. Концепция ESG (экологическое, социальное и корпоративное управление).

## **9. Теоретические основы защиты окружающей среды.**

Теоретические основы защиты окружающей среды: физико-химические основы процессов очистки сточных вод и отходящих и утилизации твердых отходов. Процессы коагуляции, флокуляции, флотации, адсорбции, жидкостной экстракции, ионного обмена, электрохимического окисления и восстановления, электрокоагуляции и электрофлотации, электродиализа, мембранные процессы (обратный осмос, ультрафильтрация), осаждение, дезодорации и дегазации, катализа, конденсации, пиролиза, переплава, обжига, огневого обезвреживания, высокотемпературной агломерации. Теоретические основы защиты окружающей среды от энергетических воздействий. Принцип экранирования, поглощения и подавления в источнике.

## **10. Процессы и аппараты защиты окружающей среды.**

Основные методы (аппараты) и особенности очистки отходящих газов от аэрозолей, токсичных газовых примесей. Механические, химические, физико-химические и биохимические методы очистки и доочистки сточных вод и их основные аппараты.

## **11. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг.**

Структура современного экологического мониторинга, его цели и задачи; организация государственной службы наблюдения за состоянием окружающей природной среды; государственный экологический контроль (ГЭК); производственный экологический контроль (ПЭК); общественный экологический контроль (ОЭК); методы экологического контроля; средства экологического контроля; приборы контроля загрязнения воздуха, воды, почвы; метрологическое обеспечение экологического контроля.

## **12. Зеленая химия для устойчивого развития.**

Зеленая химия как инструмент достижения Целей устойчивого развития. Двенадцать принципов зеленой химии. «Зеленый» подход к

проведению химических реакций и процессов. Примеры использования зеленых технологий в химической и нефтехимической промышленности.

### **13. Экологические особенности технологии основных производств и пути организации в них природоподобных и малоотходных процессов.**

Анализ основных технологических процессов, источников образования промышленных отходов и путей снижения воздействия на состояние окружающей среды и создания малоотходных производств на предприятиях химического, нефтехимического, энергетического и горнодобывающего профилей.

Основные химические производства. Производство серной, фосфорной кислот. Технология связанного азота. Минеральные удобрения и их классификация. Основные процессы производства комплексных и концентрированных удобрений: двойного суперфосфата и фосфатов аммония, нитроаммофоса и нитроаммофоски, мочевины. Производство щелочей. Роль нефти в энергетическом балансе страны. Запасы нефти. Состав и свойства нефти. Добыча и переработка нефти. Промышленный органический синтез. Сырьевая база и исходные вещества. Характерные особенности технологии высокомолекулярных соединений. Производство пластмасс. Основные типы пластмасс: термопластичные и термоактивные. Полиэтилен; свойства и области применения полиэтилена. Поливинилхлорид. Полистирол. Фторопласты. Методы переработки полимерных отходов. Ингредиенты резиновых смесей, вулканизация, старение резины, переработка отходов. Электрохимические процессы, как источник загрязнения окружающей среды.

Современные тенденции в развитии химической технологии. Новые химико-технологические процессы и способы получения продуктов. Перспективные источники сырья и энергии. Энерго-ресурсосберегающие технологии. Перспективы и основные этапы решения проблемы рационального природопользования и организации устойчивого функционирования народного хозяйства.

### **Вопросы для кандидатского экзамена по научной специальности 1.5.15. Экология (по отраслям)**

1. Современное определение экологии как науки. Основные законы функционирования экосистем.
2. Трансформация вещества и энергии в экосистемах. Пищевые цепи, пищевые сети и трофические уровни. Трофическая структура и экологические пирамиды. Факторы, лимитирующие и регулирующие развитие экосистем.
3. Опишите воздействия и взаимодействия человека с окружающей средой. Что такое антропогенный экологический кризис и антропогенное загрязнение окружающей среды?

4. Перечислите важнейшие глобальные проблемы современности. Сущность, причины возникновения и пути решения этих проблем?
5. Зеленая химия. Двенадцать принципов зеленой химии.
6. Какие вопросы решает промышленная экология для достижения Целей устойчивого развития?
7. Химический процесс. Основные стадии химико-технологического процесса. Какие требования предъявляются к технологическому процессу при создании малоотходного производства?
8. Материальные и энергетические балансы химического процесса. Выход продукта. Степень превращения. Селективность.
9. Понятие малоотходного и природоподобного производства. Основные критерии и принципы создания малоотходных производств - комплексное использование ресурсов, цикличность материальных потоков, ограничение воздействия производства на окружающую среду.
10. В чём разница в понятии отходов производства и потребления? Назовите основные причины образования отходов в химической промышленности.
11. Понятие твердые коммунальные отходы (ТКО) и крупногабаритные отходы (КГО). Классификация и морфологический состав ТКО. ТКО как источник загрязнения окружающей среды.
12. Основные подходы к решению проблемы твердых бытовых отходов в мире, в странах Европы и в России?
13. Возобновляемые и невозобновляемые ресурсы в химической промышленности. Вторичные энергетические ресурсы химической промышленности.
14. Какие требования предъявляются к технологическому процессу при создании природоподобных и малоотходных технологий?
15. Как связаны между собой проблема минимизации техногенного воздействия и концепция «Бережливое производство»?
16. Основные причины внедрения системы экологического менеджмента (СЭМ). Преимущества системы экологического менеджмента для предприятий. Концепция ESG (экологическое, социальное и корпоративное управление).
17. Чем обусловлена необходимость создания замкнутых систем производственного водоснабжения? Какие основные принципы создания замкнутых водооборотных систем Вы знаете?
18. Методы минимизации отрицательного воздействия химического производства на окружающую среду и использования ресурсов.
19. Основы экологической безопасности, принципы и механизмы системного экологического мониторинга, аналитического контроля в промышленности и сельском хозяйстве.
20. Какова тенденция (и почему) происходит загрязнение атмосферы диоксидом серы в промышленности? С чем связаны опасности поступления диоксида серы в атмосферу?



21. Какие достоинства и недостатки имеются у известкового/магнезитового/аммиачно-циклического метода очистки дымовых газов от диоксида серы?

22. Достоинства и недостатки адсорбционных методов очистки отходящих газов от токсичных соединений?

23. Аэробный процесс. Условия для жизнедеятельности живых организмов. Основные сооружения для биохимической аэробной очистки сточных вод.

24. В чем разница между опасными и токсичными отходами, как определяется класс их опасности?

25. Сравните экологическую нагрузку на окружающую среду при производстве серной кислоты из серы, пирита и природного газа.

26. Экологическое сопровождение разработки предпроектной документации. Оценка воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду (ОВОС). Понятие, принципы и этапы ОВОС.

27. В чем особенность выбора аппаратного оформления процесса очистки выбросов от аэрозолей? Какие способы очистки от аэрозолей Вы знаете?

28. Сравнительная оценка методов очистки отходящих газов от оксидов азота. Приведите примеры производств, в которых возникает такая необходимость.

29. Какие достоинства и недостатки имеет аммиачно-каталитический/карбамидный метод очистки выбросов от оксидов азота?

30. Физико-химические основы очистки сточных вод коагуляцией и флокуляцией. Сходства и различия этих методов, их совместное использование.

31. Мембранные, химические и окислительные методы очистки сточных вод химического, нефтехимического, горнодобывающего профилей.

32. Экологические аспекты производства соды.

33. Экологические аспекты нефтедобычи.

34. Обращение с отходами нефтедобычи и транспортировки нефти.

35. Санитарно-гигиеническое нормирование и классификация по степени опасности в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, в атмосферном воздухе населенных мест, в воздухе рабочей зоны, в почве, в пищевых продуктах.

36. Основные экологические проблемы при производстве апатитового концентрата и пути их решения.

37. Основные экологические проблемы производства фосфорной кислоты.

38. Какое воздействие на состояние окружающей среды оказывают электростанции, работающие на угле?

39. Основные экологические проблемы черной и цветной металлургии. Какие пути решения этих проблем Вы знаете?

## Список литературы

1. Малков А.В. Основы промышленных технологий – М.: РХТУ, 2020. – 108 с.
2. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология - 8-е изд., перераб. и дополн. Москва: Изд. центр «Академия», 2012, 571с.
3. Зайцев В.А. Промышленная экология: учебное пособие. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2012. – 382 с.
4. Бесков В.С. Общая химическая технология. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 152 с.
5. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука. 1987, 338 с.
6. Тарасова Н.П. Оценка воздействия на окружающую среду при принятии технологических решений / Н.П. Тарасова, Б.В. Ермоленко, В.А. Зайцев, С.В. Макаров. М.: Изд-во «КолосС», 2010, 227 с.
7. Тарасова Н.П., Кузнецов В.А. Химия окружающей среды: атмосфера: учебное пособие для вузов: - М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 228 с.: ил.
8. Родионов А.Н. Технологические процессы экологической безопасности: Учебник для вузов / А.Н. Родионов, В.Н. Клушин, В.Г. Систер – 4-е изд., перераб. и дополн. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2007, 799 с.
9. Лейкин Ю.А. Основы экологического нормирования: учебное пособие.- М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. – 396 с.
10. Тихонова И.О. Мониторинг водных объектов суши: учебное пособие / И.О. Тихонова, Н.Е. Кручинина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. – 184 с.
11. Тарасова Н.П., Ермоленко Б.В., Зайцев В.А., Макаров С.В. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду: учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 230 с.
12. Фазуллин Д.Д., Маврин Г.В. Управление техносферной безопасностью и экологический менеджмент: учебное пособие/ Д.Д. Фазуллин, Г.В. Маврин. – Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2019. – 103 с.
13. Ларионов Н.М., Рябышенков А.С. Промышленная экология: учебник для бакалавров. - М. : Издательство Юрайт, 2013. - 495 с.

