

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



[Handwritten signature]
/ Калмыков С.Н. /

«25» февраля 2022 г.

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

1.5.15 Экология

Шифр и наименование области науки: 1. Естественные науки

Наименование отраслей науки, по которым присуждаются ученые
степени: химические

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №9 от 09.02.2022 г.)

Москва 2022

I. Описание программы:

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: неорганическая химия, физическая химия, коллоидная химия, аналитическая химия, органическая химия, радиохимия, экология, химия окружающей среды, биохимия, токсикология, биогеохимия, химия почв, гидрохимия, основы химической технологии, защита окружающей среды.

II. Основные разделы и вопросы к экзамену:

1. Основные понятия и общие вопросы экологии

Понятие об экологии - наука о взаимодействии организмов (включая человека) между собой и с их средой обитания, изучающая биотические механизмы регуляции и стабилизации окружающей среды, обеспечивающие устойчивость жизни.

Понятие об экологической химии - наука о химических процессах и взаимодействиях в окружающей среде, включая процессы антропогенного загрязнения окружающей среды и их последствия.

2. Сложные системы. Биогеохимические циклы. Загрязняющие вещества. Экотоксикология.

Понятие сложных систем. Открытые и закрытые системы. Окружающая среда как сложная открытая система. Структура и основные типы биогеохимических циклов. Глобальные круговороты углерода и воды. Основные пути возврата веществ в круговорот. Превращение ациклических процессов в циклические - основа охраны природы и присущих ей круговоротов веществ.

Объем производства химических продуктов в современном мире (основные неорганические и органические продукты, удобрения, средства защиты растений, средства борьбы с вредными насекомыми и пр., нефтепродукты, пластмассы, химические волокна, красители и др.). Области применения (получение энергии, в сельском хозяйстве, в быту, транспорте и т.д.). Распространение в окружающей среде: перенос между различными средами (вода - почва, вода - воздух, почва - воздух; поступление и накопление в живых организмах). Географический и биотический перенос, трансграничный перенос. Устойчивость и способность к разложению.

Биогеохимические циклы загрязняющих веществ. Превращения загрязняющих веществ: окислительно-восстановительные, гидролитические, фотохимические. Реакции загрязняющих веществ с природными соединениями; биотические превращения - детоксикация,

деградация или активация: роль многофункциональных оксидаз, пероксидаз и других ферментных комплексов. Гидрофобность органических соединений. Количественные показатели гидрофобности. Биоаккумуляция органических загрязняющих веществ. Миграция по трофической цепи.

Понятие токсичности. Поступление токсикантов в живые организмы, Острая и хроническая токсичность. Количественные характеристики токсического воздействия на живые организмы. Кривые доза-эффект. Определение и задачи экотоксикологии. Эколого-токсикологический анализ. Биотестирование и Биоиндикация. Оценка химических продуктов с помощью экотоксикологического анализа.

3. Экологическая химия гидросферы

Вода. Уникальная структура и свойства воды. Химический состав природных вод. Основные виды природных вод и особенности состава их минеральных и органических компонент. Главные ионы воды. Минерализация природных вод. Понятие о солености. Стратификация водоемов. Роль стратификации в распределении гидробионтов в водоемах. Термогалинная циркуляция (океанический конвейер). Кислотно-основные равновесия в природных водах. Понятие о pH. Карбонатная система в природных водах. Щелочность. Растворенное органическое вещество – содержание, строение, свойства и функции. Концепция рЕ. Окислительно-восстановительные процессы в природных водоемах.

Характеристики основных классов загрязняющих веществ природных вод. Тяжелые металлы, нефтяные и хлорированные углеводороды, радиоактивные вещества, наночастицы. Основные процессы трансформации загрязняющих веществ в природных водах. Тяжелые металлы: гидролиз, комплексообразование, преципитация, редокс-превращения. Органические загрязняющие вещества: фотолиз, микробный метаболизм, связывание с органическим веществом. Лигандный состав и формы существования ионов переходных металлов в природных водоемах. Наночастицы. Образование, поступление и взаимодействие с органическими и минеральными компонентами природных вод.

Процессы самоочищения водных экосистем. Физико-химические процессы на границе раздела фаз. Химическое и микробиологическое самоочищение. Роль природного органического вещества (гуминовых веществ) в процессах самоочищения водоемов.

Проблемы локального и глобального загрязнения воды. Стандарты качества воды. Химико-биологические процессы в сточных

водах. Характеристика сточных вод и виды загрязнений. Технологии очистки хозяйственно-бытовых вод: поля орошения, поля фильтрации, биоплато, азротенки, метан-тенки. Особенности микробиологической очистки сточных вод. Связанные с нею проблемы антибиотикорезистентности.

Физико-химические методы водоочистки и водоподготовки. Подготовка питьевой воды. Реагентная очистка. Обеззараживание воды. Применение хлора, озона и пероксида водорода в обработке воды и очистке сточных вод. Проблемы загрязнения питьевой воды в результате хлорирования. Методы локальной очистки сточных вод.

4. Экологическая химия атмосферы

Понятие атмосферы. Общая характеристика и газовый состав атмосферы. Происхождение атмосферы, эволюция химического состава атмосферы и температурного режима Земли. Стратификация атмосферы: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера.

Солнечное излучение. Диапазоны УФ, видимого и ИК-излучения. Их особенности и значимость для живых организмов. Понятие о кванте света и фотохимических реакциях. Ионы и радикалы в атмосфере.

Загрязнение атмосферы. Основные классы веществ, загрязняющих атмосферу. Естественные и антропогенные источники. Первичные, вторичные и критические загрязняющие вещества атмосферы. Оксиды азота и серы в атмосфере.

Химия тропосферы. Роль автотранспорта в загрязнении тропосферы. "Фотохимический смог". Окисление органических соединений. Образование пероксиацетилнитрата (ПАН). Озон в тропосфере. Выбор топлива. Уголь как топливо. Роль угольной энергетики в загрязнении атмосферы. Аэрозоли, диоксид серы, окислы азота, угарный газ. «Классический смог»: основные реакции и особенности развития. "Кислые дожди".

Химия стратосферы. Озон как важнейший компонент стратосферы. Озоновый защитный слой. Специфика взаимодействия озона со хлорфторуглеродами. Истощение озонового слоя. Озоновые дыры.

Климат и погода. Климатообразующие факторы. Радиационный баланс планеты. Теплоперенос в окружающей среде. Повышение содержания углекислого газа в атмосфере. «Парниковый эффект». Состояние ледового покрова в Арктике. Поднятие уровня моря. Прогнозы глобального изменения климата.

Химико-технологические основы очистки газовых выбросов предприятий транспорта, химической промышленности, черной и цветной металлургии, тепловых электростанций.

5. Эколого-химические проблемы геосферы (почвы, недра, ресурсы)

Общая характеристика и строение геосферы. Состав ядра, мантии и литосферы. Астеносфера. Минералы и породы. Породообразующие минералы. Почва, ее фазовый состав и процессы почвообразования. Почвенный профиль. Гранулометрический состав почвы. Органическое вещество почвы: неспецифическое и специфическое органическое вещество. Гуминовые вещества как сложная супрамолекулярная система. Реакционная способность и функции гуминовых веществ. Почвенный поглощающий комплекс. рН почвенных растворов. Емкость катионного и анионного обмена. Основные обменные катионы и анионы. Роль в питании растений. Почвенные ресурсы. Физико-химические основы почвенного плодородия: эмульсии Пиккеринга, структура почвы. Окислительно-восстановительные процессы в почвах. Проблемы загрязнения почвенных экосистем. Загрязнение почв пестицидами, тяжелыми металлами и другими экотоксикантами. Экологические последствия интенсивного применения минеральных удобрений. Эрозия почв. Роль гуминовых веществ в самоочищении почв и восстановлении деградированных почв.

Твердые промышленные и бытовые отходы. Состав бытовых отходов в Российской Федерации. Захоронение, утилизация и переработка твердых промышленных и бытовых отходов. Технологии складирования отходов. Свалки. Полигоны твердых бытовых отходов: устройство и проблемы функционирования. Метаногенез. Сжигание отходов. Технологические схемы мусоросжигающих заводов. Отходы мусоросжигающих заводов. Методы вторичного использования отходов (сельскохозяйственные методы, компостирование мусора и ила очистных сооружений, пиролиз отходов и др.). Системы переработки отходов.

6. Экология и энергетика. Радиоактивность как загрязняющий фактор.

Радиационная угроза в современном мире. Военный ядерный комплекс. Атомная энергетика. Радиоактивные отходы и отработанное ядерное топливо. Расширение масштабов радиоактивного загрязнения на Земле. Опасность хронического облучения в малых дозах. Ввоз,

хранение и переработка отработанного ядерного топлива - одна из важнейших проблем человечества на современном этапе.

Термодинамические аспекты взаимодействия световой энергии с экосистемами и способы превращения энергии внутри системы. Соотношение между количеством и качеством энергии.

Энергетические ресурсы и поиск новых источников энергии. Возобновляемые и невозобновляемые энергетические ресурсы. Биоэнергетика. Энергетические системы, основанные на прямом использовании солнечной энергии в фотохимических, фотоэлектрических и термоэлектрических процессах.

Биогеохимические преобразователи энергии. Водородное топливо как источник энергии. Проблема получения энергии из биомассы.

7. Мониторинг состояния окружающей среды и методы анализа загрязняющих веществ

Мониторинг как система наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды. Уровни систем мониторинга: санитарно-токсикологический, экологический и биомониторинг.

Основные контролируемые параметры и нормирование загрязнений окружающей среды (ПДК, ПДВ, ПДУ, ПДС) в воздухе, воде, почве, растительности и продуктах питания.

Основные методы и приборы контроля состояния атмосферы, гидросферы, литосферы и биоты.

Характеристика экотоксикантов и методов их контроля. Биологическое действие и классы опасности веществ. Прямое и "скрытое" действие. Кумулятивный эффект. Чувствительность, точность и избирательность методов контроля. Непрерывный и периодический контроль.

Специфика пробоотбора и проподготовки при анализе объектов окружающей среды. Понятие средней пробы и методы ее отбора. Таргетный и нетаргетный анализ содержания загрязняющих веществ в объектах окружающей среды. Область применения и перспективы развития химических, биохимических, хроматографических, спектроскопических, масс-спектрометрических, электрохимических и лидарных методов мониторинга.

8. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза

Организация и развитие деятельности по управлению воздействием на окружающую среду в Российской Федерации; организация работ при проведении государственной и общественной

экологической экспертизы. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) намечаемой деятельности как этап принятия экологически ориентированного управленческого решения о реализации намечаемой деятельности. Содержание ОВОС. Методы оценки воздействия на окружающую среду. Анализ расчетов загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха, водоемов, размеров санитарно-защитных зон. Материалы ОВОС. Этапы государственной экологической экспертизы (ГЭЭ). Материалы для ГЭЭ. Сроки прохождения ГЭЭ. Органы, осуществляющие ГЭЭ.

9. Экологическая химия устойчивого развития.

Возобновляемое и ископаемое сырье. Биомасса. Заводы по переработке биомассы. Биотопливо. Биохимикаты. Альтернативные источники химических продуктов.

«Зеленая» химия. Понятие о зеленой химии. Двенадцать принципов зеленой химии. Зеленые растворители. Сверхкритические жидкости. Катализ как эффективный способ «экономии атомов».

Природоподобные технологии. Биомиметические структуры. Нанотехнологии и нанобиоматериалы. Создание био – и природоподобных материалов и технологий.

Концепция устойчивого развития общества. Индустриальная экология. Оценка рисков химических производств. Малоотходные и безотходные технологии.

Критерии оценивания

Критерии и показатели оценивания ответа на экзамене			
1	2	3	4
Не-удовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Фрагментарные знания актуальных проблем и тенденций в развитии современных подходов к решению задач экологии	Неполные знания актуальных проблем и тенденций в развитии современной подходов к решению задач экологии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания актуальных проблем и тенденций в развитии современной подходов к решению задач экологии	Сформированные и систематические знания актуальных проблем и тенденций в развитии современной подходов к решению задач экологии

III. Рекомендуемая основная литература:

1. Андруз Дж., Бримблекумб П., Джикелз Т., Лисс П. Введение в химию окружающей среды. – М.: Мир, 1999. – 271 с.
2. Гришина Е.П. Основы химии окружающей среды: учеб. пособие. Изд-во ВлГУ. Ч. I – 2006 г. – 67 с., ч. II – 2009 г. – 60 с.
3. Егоров В.В. Экологическая химия. Лань. 2022. 184 с.
4. Исидоров В.А. Экологическая химия. СПб.: Химиздат, 2022. 4-е издание.–287 с.
5. Локтева Е.С. Методы реализации процессов «зелёной» химии. Москва, ООО "Издательство ТРИУМФ", 2021. 270 с.
6. Майстренко В.Н., Ключев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. 3-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.
7. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 2005, 558 с.
8. Петросян В.С., Шувалова Е.А. Химия и токсикология окружающей среды. Изд-во ООО "Буки Веди", 2017. Москва, 640 с.
9. Тарасова Н.П., Кузнецов В.А. Сметанников Ю.В. и др. Задачи и вопросы по химии окружающей среды. – М.: Мир, 2002. – 368 с.
10. Черных, Н. А., Баева, Ю. И. Краткий курс экологической химии. Учеб. – М.: Мир науки, 2020. – <https://izd-mn.com/PDF/52MNNPU20.pdf>
на иностранном языке:
11. P.T. Anastas, J.C. Warner, Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998, p.30
12. S. Manahan. Environmental Chemistry. Tenth Edition. 2017 by CRC Press. Textbook - 752 Pages.
13. I.V. Perminova. From green chemistry and nature-like technologies towards ecoadaptive chemistry and technology. 2019. Pure and Applied Chemistry 91(5) DOI:10.1515/pac-2018-1110

IV. Дополнительная литература:

1. Будыко М.И. Эволюция биосферы Л: Гидрометеиздат, 1984.
2. Драйвер Дж. Геохимия природных вод. М.Мир, 1985.
3. Израэль Ю.А. Кислотные дожди. Л.: Гидрометеиздат, 1983.
4. Тинсли И. Поведение химических загрязнителей в окружающей среде. М.Мир, 1982.
5. Химия окружающей среды / под ред. Д.О.М. Бокриса. М.: Химия, 1982.
6. Геохимия окружающей среды/ Саэт Ю.Е. и др. М.: Недра, 1990. Перельман А.И. Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей, 1999.
7. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000.

V. Автор программы

д.х.н., профессор Перминова Ирина Васильевна