

Химия и токсикология окружающей среды

Программа курса для студентов геологического и географического факультетов МГУ

Введение. Предмет и задачи курса. Терминология (экологическая химия, химическая экология, биогеохимия, токсикология и экотоксикология). Биогеохимические циклы элементов, их пространственное разрешение. Биогеохимические циклы углерода, кислорода, азота, фосфора и серы.

1. Атмосфера. Строение атмосферы и зависимость температурного профиля от высоты. Элементный и молекулярный состав воздуха; его эволюция. Роль кислорода, азота и диоксида углерода в происхождении и развитии жизни на Земле.

Основные источники химического загрязнения атмосферы: промышленность, транспорт, энергетика и др. Приоритетные экотоксиканты: оксиды азота и серы, озон, аммиак, хлористый водород, монооксид углерода, формальдегид, фреоны и трихлоруксусная кислота, моно- и полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ), полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ). Экологические проблемы автомобильного транспорта на примере Москвы и Московской области. Фотохимические превращения в тропосфере: окисление оксида углерода и метана («парниковый эффект» и пути его устранения), гидролиз оксидов азота и серы – «лондонский смог» (кислотные дожди), образование пероксиацетилнитрата – «лос-анджелесский смог» (негативное влияние на биоту). Утонышение «озонового слоя Земли» под воздействием фреонов и способы его предотвращения. Трансграничный перенос загрязняющих веществ в атмосфере (химические спутники Земли).

Методы очистки выбросов в атмосферу: осаждение пыли и аэрозолей, жидкостная промывка, использование складчатых и электрофильтров, абсорбция, биопромывка и адсорбция газов, термическое и каталитическое сжигание. Конверторы токсикантов в выхлопных газах автомобилей.

2. Почвы. Элементный состав и химическая классификация почв. Гуминовые вещества, их происхождение, методы разделения, элементный состав, строение. Фазовый состав почв. Кислотно-основная буферность и окислительно-восстановительные процессы. Химическая деградация почв: водная эрозия, закисление, обеднение биогенами и гумусом, загрязнение тяжёлыми металлами и органическими токсикантами.

Основные источники загрязнения почв: сельское хозяйство, мусорные свалки и др. Приоритетные загрязняющие вещества: азотные удобрения (нитраты и нитриты), соединения тяжёлых металлов (ртути, свинца, кадмия, меди, никеля и др.), хлорорганические пестициды, фосфор-, азот- и серусодержащие препараты, пиретроиды. Метаболизм пестицидов в окружающей среде. Альтернативные способы защиты растений. Детоксикация почв гуминовыми веществами.

3. Вода. Роль воды в происхождении жизни. Гидрологический цикл, глобальное распределение и движение воды. Строение молекул воды, гидратация ионных соединений, их диссоциация. Основные неорганические составляющие природных вод (щелочные и щелочноземельные соли минеральных кислот). Особенности химического состава подземных вод. Органические соединения в природных водах. Кислотно-основные равновесия в водных экосистемах. Растворимость диоксида углерода в водах (карбонатная система). Окислительно-восстановительные процессы в природных водах.

Основные источники загрязнения водных экосистем: промышленность, транспорт, энергетика, сельское хозяйство и др. Нитраты и фосфаты как лимитирующие факторы эвтрофикации водоёмов. Органические загрязняющие вещества и растворенный кислород как критерий качества водных экосистем. Химическое (ХПК) и биологическое (БПК) потребление кислорода.

Тяжёлые металлы и их производные: формы существования и трансформации в водных экосистемах. Биогеохимический цикл ртути, образование метилртутных соединений.

Другие типы металлорганических экотоксикантов (органические производные олова и свинца). Источники их попадания в водоёмы и эффекты на биоту.

Физико-химические стандарты и целевые показатели качества вод (природных, сточных и питьевых). Биотестирование и биоиндикация качества вод. Методы очистки сточных вод: механические, биологические, химические (флокулирование, нейтрализация, осаждение металлов, окисление, сжигание). Проблемы подготовки питьевой воды технологией хлорирования. Альтернативные технологии подготовки питьевой воды (озонирование, УФ-облучение). Бытовые фильтры для доочистки питьевой воды.

4. Токсикология и экотоксикология. Химические бумеранги и здоровье населения. Основные фазы воздействия токсикантов (поглощение, метаболизм, связывание, биоаккумуляция и выход из организма). Биоаккумуляция органических токсикантов в водных трофических цепях (на примере озера Байкал). Биоаккумуляция “метилртути” в водных пищевых цепях и её токсичность для биоты и человека - “болезнь Минамата”. Экотоксикология оловоорганических соединений («импосекс» и его причины). Молекулярные, клеточные и другие механизмы токсичности (взаимодействие с ДНК, белками, липидами, ферментами и другими биохимическими мишенями). Соотношение “доза-реакция”, острые и хронические летальные дозы. Ранжирование токсичности. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на зелёные насаждения и здоровье населения. Химическое загрязнение пищевых продуктов. Влияние качества питьевой воды на здоровье населения. Оценка экологического риска.

Заключение. Химия и токсикология окружающей среды как теоретический базис для решения проблем химической безопасности человека и окружающей среды. Химическое оружие и проблемы его уничтожения. Химические стрессы и проблемы национальной безопасности.

Литература

1. Джирард Дж.Е, Основы химии окружающей среды. Физматлит, М., 2008.
2. Исидоров В.А. Экологическая химия. Химиздат, С.-Пб., 2001.
3. Орлов Д.С. и др. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. «Высшая школа», М., 2002.
4. Петросян В.С. Физико-химические стандарты и целевые показатели качества вод: российский опыт. // В сб. «Водные ресурсы: мониторинг и охрана», МГУ, М., 1999, 63-74.
5. Петросян В.С. Диоксины: пугало или реальная угроза? // Природа, 2000, № 2, 13-19.
6. Петросян В.С. Шлейф автомобильных газов. // Природа, 2001, № 12, 11-16.
7. Петросян В.С. Современные проблемы экотоксикологии. // В сб. «Связь времён», т.2, МГВП КОКС, М., 2002, 408-423.
8. Петросян В.С. Экологические стрессы и здоровье молодёжи. МГУ, М., 2002.
9. Петросян В.С. Химические бумеранги и здоровье населения России, Вестник РАЕН, 2005, т. 5, № 3, 58-64.
10. Петросян В.С. Глобальное загрязнение окружающей среды ртутью и её соединениями. // В. сб. «Россия в окружающем мире: 2006», под ред. Н.Н. Марфенина и С.А. Степанова, МНЭПУ, Москва, 2007, 149-163.
11. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию, МНЭПУ, М., 2001.
12. Тарасова Н.П. и др. Задачи и вопросы по химии окружающей среды. «МИР», М., 2002.
13. Худoley В.В. Стойкие органические загрязнители: пути решения проблемы. НИИХ СПбГУ, С.-Пб., 2002.
14. Юфит С.С. Яды вокруг нас. «Классик-Стиль», М., 2002.

автор программы
академик РАЕН, проф. Петросян В.С.,
эксперт ООН по химической безопасности