

**ВВЕДЕНИЕ В  
ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ХИМИЮ  
АНТРОПОГЕННОЕ  
ЗАГРЯЗНЕНИЕ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
ФАРМПОЛЛЮТАНТЫ**

# ПЛАН

1. Предмет и задачи экологической химии (ЭХ).
2. Экологические факторы.
3. Природная среда.
4. Антропогенное загрязнение природной среды.
5. Фармацевтические поллютанты.

- **Экология** - это наука о взаимодействии живых организмов и среды их обитания.

- **Экологическая химия** - это наука , изучающая химическую основу экологических явлений. Точнее: **ЭХ** - наука об антропогенных (вызванных деятельностью человека) загрязнениях и механизмах их превращений в окружающей среде, а также о последствиях этих превращений.

- ЭХ тесно связана с такими науками, как биология, фармакология, аналитическая химия, биологическая химия, геология, сельскохозяйственные науки и др.

# Задачи ЭХ

- 1. Разработка новых химических технологий, имеющих минимальное негативное влияние на окружающую среду.
- 2. Создание технологий утилизации и обезвреживания разного вида отходов, методов очистки сточных вод и восстановления загрязненных почв.

- 3. Разработка критериев и нормирование содержания вредных веществ в окружающей среде.
- 4. Конструирование новых экологически безопасных материалов для использования в технике, медицине, косметике, сельском хозяйстве и др. отраслях деятельности человека.

# Основные разделы ЭХ

- Исследование распространения в окружающей среде загрязняющих веществ и продуктов их превращений.



- Исследование проблем глобальных и региональных изменений, происходящих в результате антропогенного нарушения естественного химического равновесия (кислотные дожди, смог и др.).
- Изучение особо опасных загрязнителей (тяжелые металлы, диоксины и др.).

# Экологические факторы

- Экологические факторы (ЭФ) - это условия среды, оказывающее прямое или косвенное влияние на живые организмы.
- По происхождению ЭФ делятся на 3 группы:

# Абиотические, т.е. факторы неживой природы

- **климатические:** температура и влажность воздуха, давление воздуха;
- **эдафические:** механический состав почвы, воздухопроницаемость почвы, кислотность почвы, химический состав почвы;
- **орографические:** рельеф, высота над уровнем моря, крутизна и экспозиция склона

- ***химические***: газовый состав воздуха, солевой состав воды, концентрация, кислотность
- ***физические***: шум, магнитные поля, теплопроводность и теплоёмкость, радиоактивность, интенсивность солнечного излучения

# **Биотические** - факторы, связанные с деятельностью живых организмов:

- *фитогенные* - влияние растений
- *микогенные* - влияние грибов
- *зоогенные* - влияние животных
- *микробиогенные* - влияние  
микроорганизмов

# Антропогенные - факторы, связанные с деятельностью

## Человека:

- **физические:** использование атомной энергии, перемещение в поездах и самолётах, влияние шума и вибрации
- **химические:** использование минеральных удобрений и ядохимикатов, загрязнение оболочек Земли отходами промышленности и транспорта

- ***биологические***: продукты питания; организмы, для которых человек может быть средой обитания или источником питания
- ***социальные***: связаны с отношениями людей и жизнью в обществе.

# Природная среда

- Термин «природная среда», в трактовке Н.Ф. Реймерса - это комплекс абиотических и биотических сред, влияющий на человека и его хозяйство



- Природная среда включает 4 составные части:  
атмосфера, литосфера,  
гидросфера и биосфера.

- **Атмосфера** - это внешняя газовая оболочка Земли, **гидросфера** - водная сфера, **литосфера** - внешняя твердая оболочка Земли, включающая грунты и почвы, **биосфера** - оболочка Земли, в пределах которой существует жизнь. Биосфера включает нижнюю часть атмосферы (15–20 км), верхнюю часть литосферы и всю гидросферу.

**Антропогенное загрязнение природной среды – это изменение природной среды в результате деятельности человека.**

Под влиянием хозяйственной деятельности человека биомасса природной растительности континентов уменьшилась на 25%.

# Наиболее опасные ТОКСИКАНТЫ

К наиболее опасным загрязняющим окружающую среду компонентам относятся:

1. соединения тяжелых металлов,
2. радионуклиды,
3. многие **органические вещества**, в первую очередь – полиядерные и полихлорированные.

# Соединения тяжелых металлов

Решением Европейской экономической комиссии ООН в группу наиболее опасных (и приоритетных для целей наблюдения, контроля и регулирования) тяжелых металлов включены: **ртуть, свинец, кадмий, хром, марганец, никель, кобальт, ванадий, медь, железо, цинк, сурьма, а также мышьяк и селен.**

- Большинство из этих металлов, за исключением **цинка, кадмия, ртути и свинца**, относятся к d – элементам. Наличие вакансии в электронных оболочках d – элементов обуславливает легкость их включения в комплексные соединения, в том числе и с биолигандами.

В составе комплекса с биомолекулами они участвуют в переносе кислорода, алкильных групп и во многих других жизненно важных процессах и реакциях. Однако индивидуальная потребность организмов в тяжелых металлах очень мала. Поэтому поступление из внешней среды избыточных количеств этих элементов приводит к различного рода токсическим эффектам.

Особенно опасными оказываются металлы, не входящие в состав биомолекул: **ртуть, кадмий и свинец**. Они образуют прочные соединения с концевыми тиогруппами белков, и поэтому их называют **тиоловыми ядами**. Попадание больших количеств **ртути** в организм приводит к тяжелым нарушениям в ЦНС (болезнь Минамата). Нейротоксическое действие также оказывают соединения **свинца**. **Кадмий** вызывает нарушение кальциевого обмена (болезнь итай-итай).



# Тяжелые металлы в атмосфере

- Основным антропогенным источником атомов тяжелых металлов для атмосферы служат промышленные предприятия и автотранспорт.
- Главным механизмом очистки атмосферы от соединений тяжелых металлов является гравитационное осаждение - сухое и влажное.

# Тяжелые металлы в водной среде

В водные экосистемы атомы тяжелых металлов поступают из почв и горных пород в результате:

- 1) химического и микробиологического выщелачивания минералов,
- 2) с паводковыми и дождевыми водами,
- 3) при осаждении из атмосферы пылевых частиц и аэрозолей.

- В природных водах атомы тяжелых металлов присутствуют в **ионных и молекулярных формах**. **Формы миграции атомов тяжелых металлов в водных средах: истинно растворенная, взвешенная и коллоидная.**

- Важную роль в миграции атомов тяжелых металлов играют растворенные в воде органические соединения – гуминовые и фульвокислоты, аминокислоты и белковоподобные вещества. В природных поверхностных водах высокой цветности в качестве основных миграционных форм тяжелых металлов выступают комплексы с гумусовым компонентом.
-

- Ионы тяжелых металлов могут быть включены в состав неорганических полифункциональных сорбентов – взвесей и коллоидов.

# Органические загрязняющие компоненты

В настоящее время в постоянном пользовании человека находится около 120 тыс. синтетических органических соединений. Многие из них не входят в естественный биологический круговорот и поэтому причисляются к категории **ксенобиотиков**, т.е. соединений, чуждых жизни.

Часть из этих соединений обладает ***нежелательной устойчивостью*** (персистентностью) к биотическим и абиотическим факторам и поэтому может обуславливать загрязнение природной среды на крупнорегиональном и даже глобальном уровнях.

# **Загрязнение атмосферы органическими соединениями**

Интенсивное изучение состава микропримесей атмосферы в 1970 – 1980-х гг. позволило установить постоянное присутствие в ней тысяч органических соединений.



Наиболее подробно изучен состав **летучих** органических компонентов воздуха городов. Главный источник загрязнения - автомобильный транспорт.

1. Основная фракция летучих компонентов воздуха – токсичные ароматические углеводороды (бензол и его гомологи),

2. летучие карбонильные соединения (формальдегид, ацетон, бензальдегид и др.),
3. низшие спирты,
4. карбоновые кислоты,
5. некоторые дурнопахнущие сернистые и азотсодержащие соединения.

## Аэрозольная составляющая воздуха городов

Более 500 органических соединений:

алициклические, циклические и полициклические углеводороды, производные углеводородов – альдегиды, кетоны, спирты, кислоты и их эфиры, серо-, азот-, и галогенсодержащие соединения.

Наибольшее внимание из всех этих соединений привлекают **полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ)**, поскольку многие из них относятся к канцерогенным веществам.

# **Органические загрязняющие вещества в поверхностных водах**

Разнообразие и большая  
численность загрязняющих  
поверхностные воды веществ  
делают практически невозможным  
контроль над содержанием каждого  
из них.

Поэтому выделяют группу приоритетных загрязняющих веществ. Например, в «черный список», составленный в начале 1980 гг. Агентством по охране окружающей среды европейского сообщества, входит около 180 соединений.

- Основную часть из них составляют различные пестициды, хлор- или бромфенолы, хлоранилины и ароматические углеводороды.
- Галогенсодержащие органические вещества отличаются высокой персистенностью и липофильностью, поэтому происходит их накопление в водных экосистемах и биоаккумуляция.

# Фармацевтические поллютанты

- ***Поллютант*** - любое химическое вещество или соединение, которое находится в объекте окружающей природной среды в количествах, превышающих фоновые значения, и вызывающее тем самым химическое загрязнение.

- **Фармацевтические поллютанты**  
– это лекарственные средства и их метаболиты, находящиеся в окружающей среде (воде, почве, воздухе) и вызывающие ее загрязнение.



- В подземные и поверхностные воды ФП могут поступать через предприятия по переработке сточных вод, путем выщелачивания мест захоронения отходов, а также в результате несовершенных способов утилизации ЛС (например, путем растворения и слива в промышленную канализацию).

- Лекарственные средства, пришедшие в негодность у населения, удаляются в коммунальный канализационный коллектор или оказываются на полигонах для бытовых отходов, откуда они попадают в грунтовые воды.

- Происходит сознательное загрязнение человеком не только естественной среды своего обитания, но и всей биоты, особенно водной, которая очень чувствительна к биологически активным химическим загрязнителям. Появление новых технологий производства, разработка и поступление в продажу новых ЛС повышают риски загрязнения источников питьевой воды ранее неизвестными химическими соединениями с непредсказуемым воздействием на состав воды.

- Очистные сооружения не всегда рассчитаны на такой тип загрязнителей и существующие технологические схемы очистки могут не обеспечить достаточный уровень удаления фармполлютантов. Хлорирование, стандартная процедура при очистке воды, напротив, способно усилить токсичность некоторых содержащихся в ней веществ. Например, парацетамол образует при хлорировании несколько токсичных продуктов реакций.

- Так, в 1999 г. Агентство по охране окружающей среды США обследовало 139 водных источников. В 80% из них обнаружили анальгетики, антибиотики, вещества гормональной природы и средства для лечения артериальной гипертензии

- В 2003 г. рамках исследовательского проекта ЕС на очистных сооружениях Гётеборга (Швеция) было найдено 14 ЛС. В наибольшей концентрации (7 мг/дм<sup>3</sup>) обнаружен ибупрофен.

- В 2010 г. Гринпис России провёл Волго-Балтийскую экспедицию, в ходе которой изучалось состояние рек Ленинградской, Вологодской, Ярославской и Московской областей. В пробах вод очистных сооружений Ярославля, Рыбинска и Москвы был обнаружен фенобарбитал, а в Ярославле ещё и карбамазепин. В 2012 г. карбамазепин был обнаружен в сточных водах в штате Иллинойс (США)

- По данным технического доклада ВОЗ "Фармацевтические средства в питьевой воде", опубликованного в 2012 г., уровни концентрации в поверхностных водах, грунтовых водах и в частично обработанной воде были, как правило, ниже  $0,1 \text{ мкг/дм}^3$ , а в обработанной воде – ниже  $0,05 \text{ мкг/дм}^3$ . Сделано предположение о присутствии фармацевтических веществ, хоть и в ничтожно малых концентрациях, в водных ресурсах многих стран, куда они попадают из отводов сточных вод.



- Хотя непосредственной угрозы здоровью людей от незначительного содержания ФП в питьевой воде не обнаружено, однако основную обеспокоенность вызывает опасность ФП для окружающей среды, связанная с их долговременным, субтерапевтическим воздействием (Jones et al., 2005), которое в настоящее время еще не изучено.

- В последние годы разработаны Директивы ряда государств (Евросоюз, США, Канада, Япония), регламентирующие необходимость определения **экологической опасности** лекарственных средств для окружающей среды. Проблема определения **экологических рисков** ЛС актуальна для всего мирового сообщества и для Российской Федерации, в частности, в связи с увеличением потребления лекарственных средств.