

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ

*к.пед.н., старший преподаватель*  
**ОКОЛЬНИКОВ ФЕДОР БОРИСОВИЧ**

*заведующая кафедрой Экологии человека, к.м.н.,  
доцент*

**РОДИОНОВА ОЛЬГА МИХАЙЛОВНА**

# ЛЕКЦИЯ 1

## Токсикология с позиций экологии.

### Классификация ТОКСИКАНТОВ.

«Все есть яд. Ничего не лишено  
ядовитости. И только доза делает  
это вещество или ядом, или  
лекарством»

*Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм  
(Парацельс)*

**Токсикология** – наука о ядах  
(*toxicon* – яд, греч.).

**Экология** – наука о доме (*ecos* – дом, греч.), то есть о среде, окружающей все живое (биос).

**Экологическая токсикология** – это наука о ядовитых веществах в окружающей биос среде (ОС).

# Задачи общей токсикологии:

- **Ближайшие** – изучение физико-химических свойств ядов (**токсикологическая химия**).
- **Последующие** – изучение механизмов действия ядов на организм в целом и на его молекулярно-мембранные, субклеточные, клеточные, тканевые структуры, органы и системы (**токсикокинетика и токсикодинамика**).
- **Конечные** – разработка методов предупреждения отравлений (**профилактическая токсикология**).

- В **1962** году в книге **Рашель Карсон** «**Молчаливая весна**» автор описывает случаи массовой гибели птиц и рыб от бесконтрольного использования пестицидов. Карсон сделала вывод, что выявляемые эффекты влияния поллютантов на дикую природу предвещают надвигающуюся беду и для человека.
- Книга привлекла всеобщее внимание. Появились общества защиты окружающей среды, правительственные законодательные акты, регламентирующие выбросы ксенобиотиков. С этой книги, по сути, началось развитие новой ветви науки - **экотоксикологии**.
- В самостоятельную науку экотоксикологию (*ecotoxicology*) выделил **Рене Траут**, который впервые, в **1969** году, связал воедино два совершенно разных предмета: экологию (по Кребсу - науку о взаимоотношениях, которые определяют распространение и обитание живых существ) и токсикологию.

# Общая токсикология

Судебная  
токсикология

Медицинская  
токсикология

Коммунальная  
токсикология

Пищевая  
токсикология

Военная  
токсикология

Производственная  
токсикология

Л  
е  
к  
а  
р  
с  
т  
в  
е  
н  
н  
а  
я

К  
л  
и  
н  
и  
ч  
е  
с  
к  
а  
я



Б  
ы  
т  
о  
в  
а  
я

К  
о  
р  
а  
б  
е  
л  
ь  
н  
а  
я

А  
в  
и  
а  
ц  
и  
н  
а  
я

К  
о  
с  
м  
и  
ч  
е  
с  
к  
а  
я

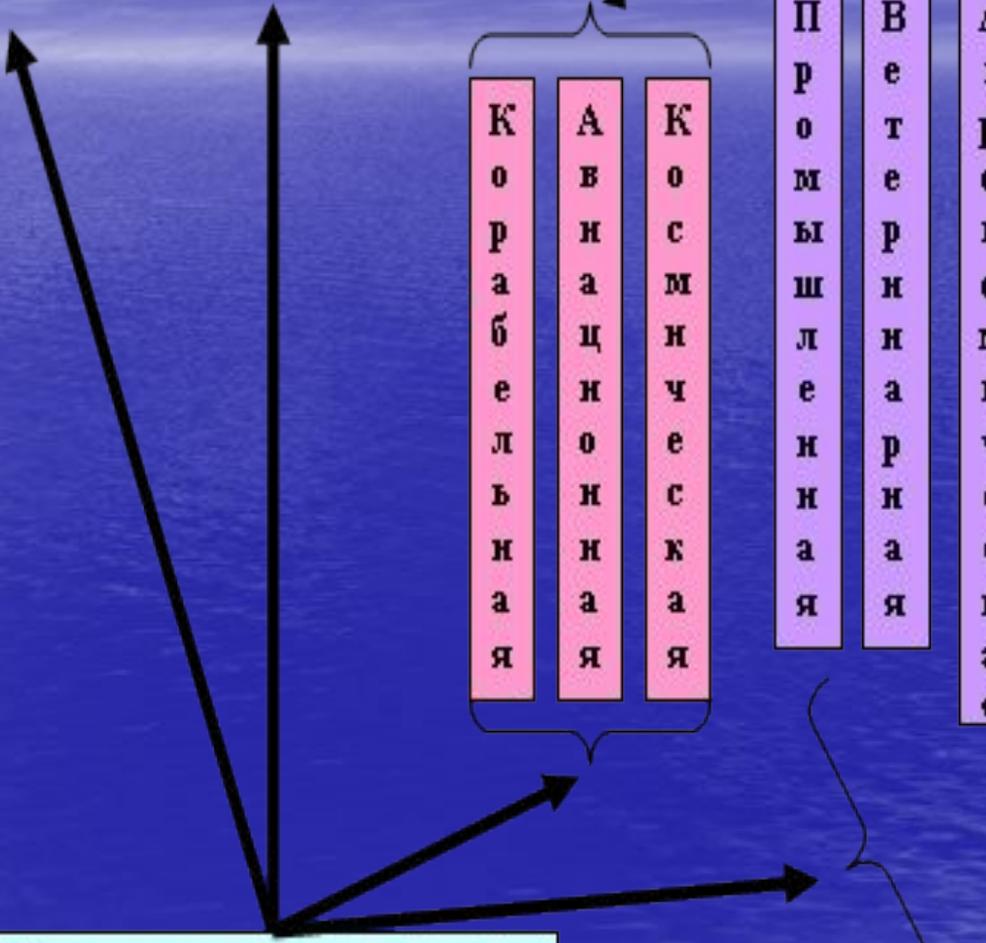
П  
р  
о  
м  
ы  
ш  
л  
е  
н  
н  
а  
я

В  
е  
т  
е  
р  
и  
н  
а  
р  
и  
а  
я

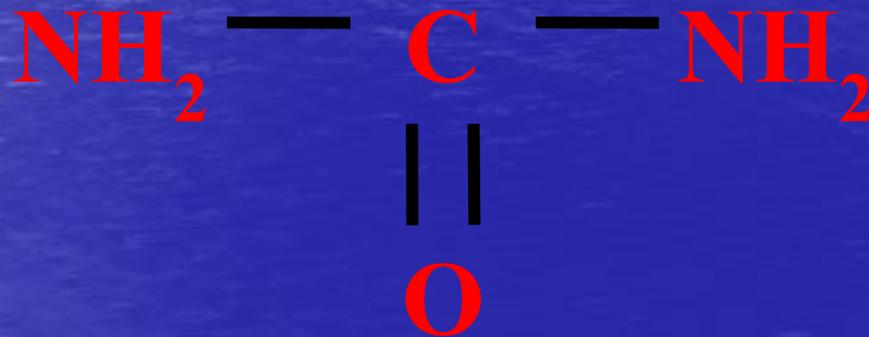
А  
г  
р  
о  
н  
о  
м  
н  
и  
ч  
е  
с  
к  
а  
я

С  
е  
л  
ь  
с  
к  
о  
х  
о  
з  
я  
й  
с  
т  
в  
е  
н  
н  
а  
я

Экологическая  
токсикология



В **1828** г. **Фридрих Вёлер** впервые получил органическое химическое соединение из неорганического вещества. Нагревая раствор циановокислого аммония, он выделил мочевины, или карбамид:



- С **1828** по **1958** гг., путем направленного синтеза было получено **250 000** новых органических соединений (ОС);
- В последние **40** лет **XX** века в среднем за год создавалось по **250 000** новых ОС;
- К **2000** г. общее количество ОС достигло **10 000 000**;
- **100 000** из общего количества ОС доступны для широкого производства и применения;
- **Одна треть** производимой химической продукции поступает в приземные слои атмосферы, почву и гидросферу.

# Заболевания химической этиологии получили в России широкое распространение :

- ежегодно регистрируется от **250 тысяч** до **300 тысяч** отравлений ;
- в 2002 г. от отравлений скончались **95 045** человек;
- каждый **3** пострадавший от отравления погибает;
- около **80%** летальных исходов возникают на догоспитальном этапе.

- Практически любое химическое вещество, в зависимости от действующего количества, может быть безразличным, полезным или вредным (т.е. выступать в качестве **яда**) для организма.
- **Токсичность** – основное понятие токсикологии – способность химических веществ, действуя на биологические системы немеханическим путем, вызывать их повреждение или гибель (нарушение работоспособности, заболевание или гибель).
- Факторами окружающей среды, влияющими на токсичность, являются **температура, растворимый кислород, рН, жесткость и щелочность** воды, присутствие **хелатообразующих агентов** и других **загрязнителей** в воде.

- Действие веществ, приводящее к нарушению функций биологических систем, называется **токсическим действием**. В основе токсического действия лежит взаимодействие вещества с биологическим объектом на молекулярном уровне.
- Химизм взаимодействия токсиканта и биологического объекта на молекулярном уровне называется **механизмом токсического действия**.
- Следствием токсического действия веществ на биологические системы является развитие **токсического процесса**.

# Сравнительная токсичность некоторых веществ для белых мышей (доза, вызывающая гибель при внутрибрюшинном способе введения)

Вещество	Источник	Токсичность (ЛД 50) мкг/кг
<b>Ботулотоксин</b>	Бактерии	<b>0,0003</b>
<b>Тетанотоксин</b>	Бактерии	<b>0,001</b>
<b>Батрахотоксин</b>	Земноводные	<b>2</b>
<b>Рицин</b>	Растения	<b>3</b>
<b>Тетродотоксин</b>	Рыбы	<b>8</b>
<b>Бунгаротоксин</b>	Змеи	<b>14</b>
<b>Диоксин</b>	Синтетический	<b>200</b>
<b>Курарин</b>	Растения	<b>500</b>
<b>Иприт</b>	Синтетический	<b>8600</b>
<b>Цианид натрия</b>	Синтетический	<b>10000</b>
<b>Таллия сульфат</b>	Соль	<b>35000</b>
<b>Атропин</b>	Растения	<b>90000</b>
<b>Метанол</b>	Синтетический	<b>1000000</b>

# Токсический процесс

- Проявления токсического процесса определяются уровнем организации биологического объекта, на котором токсичность вещества изучается:
- клеточном (цитотоксичность);
- органном;
- организменном;
- популяционном (экотоксичность).

# Проявления токсического процесса

- На клеточном уровне:

- обратимые структурно-функциональные изменения клетки (*изменение формы, сродства к красителям, подвижности и т.д.*);
- преждевременная гибель клетки (*некроз, апоптоз*);
- мутации (*генотоксичность*);

- На уровне целостного организма:

- болезни химической этиологии (*интоксикации, отравления*);
- транзиторные токсические реакции - *быстро и самопроизвольно проходящие состояния, сопровождающиеся кратковременной утратой дееспособности (раздражение глаз, дыхательных путей; седативно-гипнотические состояния; психодислептические состояния)*;

# Проявления токсического процесса

- На уровне целостного организма:

- аллобиоз - стойкие изменения реактивности организма на воздействие физических, химических, биологических факторов окружающей среды, а также психические и физические нагрузки (аллергия, иммуносупрессия, повышенная утомляемость и т.д.);
- специальные токсические процессы – развивающиеся лишь у части популяции, как правило, в особых условиях (действие дополнительных веществ; в определенный период жизнедеятельности организма и т.д.) и характеризующиеся продолжительным скрытым периодом (канцерогенез, эмбриотоксичность, нарушение репродуктивных функций и т.д.).

# Проявления токсического процесса (экотоксический процесс)

- На уровне популяции и биогеоценоза:
  - рост заболеваемости, смертности, числа врожденных дефектов развития, уменьшение рождаемости;
  - нарушение демографических характеристик популяции (соотношение возрастов, полов и т.д.);
  - падение средней продолжительности жизни членов популяции, их культурная деградация.

# Общая характеристика токсикантов

- **Яд** – вещество, вызывающее отравление в малом количестве;
- **Токсикант** – вещество, вызывающее интоксикацию и другие формы токсического процесса у биологических систем разных уровней организации: клеток (цитотоксикант), организма, популяций (экотоксикант) и др.;
- **Токсин** – высокотоксичное вещество бактериального, растительного происхождения;
- **Ксенобиотик** – чужеродное, не участвующее в пластическом или энергетическом обмене вещество, попавшее во внутренние среды организма;
- **Отравляющее вещество (ОВ)** – химический агент, предназначенный для применения в качестве оружия в ходе ведения боевых действий

# Рубрикатор токсикантов

## ● По происхождению

- Токсиканты естественного происхождения
  - Биологического происхождения
    - Бактериальные токсины
    - Растительные яды
    - Яды животного происхождения
  - Неорганические соединения
  - Органические соединения небиологического происхождения
- Синтетические токсиканты

# Рубрикатор токсикантов

- **По способу использования человеком**
  - Пищевые добавки
  - Топлива и масла
  - Лекарства и косметика
  - Ингредиенты химич. синтеза и спец. видов производств
  - Побочные продукты химич. синтеза, примеси и ОТХОДЫ
  - Пестициды
  - Растворители, красители, клеи

# Рубрикатор токсикантов

## ● По условиям воздействия

- Загрязнители окружающей среды
- Производственные токсиканты
- Бытовые токсиканты
- Вредные привычки и пристрастия
- Поражающие факторы при специальных условиях воздействия
  - Аварийного и катастрофального действия
- БОВ и диверсионные агенты

# Рубрикатор токсикантов

- **По характеру токсического действия на организм**

- Токсические вещества с психотропным и наркозависимым действием
- Токсические вещества, влияющие на репродуктивное здоровье
- ОВ и яды нервно-паралитического действия
- Кожно-нарывные ОВ и яды с алкилирующим действием
- ОВ и АОХВ, поражающие органы дыхания
- Геминовые яды, вызывающие гисто- и гемотоксическую гипоксию

# Ксенобиотический профиль среды (биогеоценоза) -

совокупность чужеродных веществ, содержащихся в окружающей среде (воде, почве, воздухе и живых организмах) в форме (агрегатном состоянии), позволяющей им вступать в химические и физико-химические взаимодействия с биологическими объектами экосистемы.

Важнейший фактор внешней среды, наряду с температурой, освещенностью, влажностью, трофическими условиями и т.д., который может быть описан качественными и количественными характеристиками.

# Естественные ксенобиотические профили -

ксенобиотические профили среды, сформировавшиеся в ходе эволюционных процессов, миллионы лет протекавших на планете. Они различны в разных регионах Земли.

Биоценозы, существующие в этих регионах (биотопах), в той или иной степени адаптированы к соответствующим естественным ксенобиотическим профилям.

Химические вещества, накапливающиеся в среде в несвойственных ей количествах и являющиеся причиной изменения естественного ксенобиотического профиля, выступают в качестве **экополлютантов** (загрязнителей).

Изменение ксенобиотического профиля может явиться следствием избыточного накопления в среде одного или многих экополлютантов.

# Перечень основных экополлютантов

Загрязнители воздуха	Загрязнители воды и почвы
<b>Газы:</b>  Оксиды серы Оксиды азота Оксиды углерода Озон Хлор Углеводороды Фреоны	<b>Металлы</b> (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть)
	<b>Пестициды</b> хлоорганические (ДДТ, алдрин)
	<b>Нитраты</b>
	<b>Фосфаты</b>
	<b>Нефть и нефтепродукты</b>
	<b>Органические растворители</b> (толуол, бензол, тетрахлорэтилен)
	<b>Низкомолекулярные галогенированные углеводороды</b> (хлороформ, дихлорэтан и др.)
	<b>Полициклич. ароматич. углеводороды (ПАУ)</b>
	<b>Полихлорированные бифенилы</b>
	<b>Диоксины</b>
<b>Пылевые частицы:</b>  Асбест Угольная пыль Кремний Металлы	<b>Дибензофураны</b>
	<b>Кислоты</b>

**Экотоксикант** - экополлютант, накопившийся в среде в количестве, достаточном для инициации токсического процесса в биоценозе (*на любом уровне организации живой материи*).

Одна из сложнейших практических задач экотоксикологии – определение количественных параметров, при которых экополлютант трансформируется в экотоксикант.

В разных регионах (*разные ксенобиотические профили, различные биоценозы*) количественные параметры трансформации поллютанта в экотоксикант различны.

# Источники поступления токсикантов в среду

- природные источники:
  - переносимые ветром частицы пыли,
  - аэрозоль морской соли,
  - вулканическая деятельность,
  - лесные пожары,
  - биогенные частицы,
  - биогенные летучие вещества;
- деятельность человека;
- абиотические и биотические трансформа-

# Период полуразрушения некоторых ксенобиотиков в окружающей среде

<b>Поллютант</b>	<b>Период полуразрушения</b>	<b>Среда</b>
<b>ДДТ</b>	<b>10 лет</b>	<b>почва</b>
<b>Атразин</b>	<b>2 года</b>	<b>вода (рН 7,0)</b>
<b>Бензоперилен</b>	<b>1 год и 2 мес</b>	<b>почва</b>
<b>Фенантрен</b>	<b>138 дней</b>	<b>почва</b>
<b>Карбофуран</b>	<b>45 дней</b>	<b>вода (рН 7,0)</b>
<b>Иприт</b>	<b>7 дней</b>	<b>почва (t +15°)</b>
<b>Зарин</b>	<b>4 часа</b>	<b>почва (t +15°)</b>

# Абиотическая трансформация

- Фотоллиз;
- Гидролиз;
- Окисление.

**ПЕСТИЦИ  
ДЫ**



Почва,  
кислая  
**НИТРОЗО  
СОЕДИНЕ  
НИЯ**

**(ВОЗМОЖНЫ  
е**

канцероген

# Биотическая трансформация

- Дегалогенирование;
- Гидролиз;
- Окисление;
- Расщепление циклических структур молекулы;
- Отщепление алкильных радикалов и др.
  - **Биотрансформация**
    - **Токсичные промежуточные продукты**
  - **Минерализация**

# Болезнь Минамато

The background of the slide is a photograph of a vast, deep blue ocean. On the left side, there is a bright, shimmering reflection of light, likely from the sun, which creates a vertical gradient from white to light blue. The rest of the ocean is a uniform, deep blue with subtle ripples on its surface. The sky is not clearly visible, appearing as a lighter blue gradient at the top.

# Элиминация поллютантов в ОС, не связанная с разрушением

- Испарение
- Перемещение ветром
- Сорбция с последующим осаждением
- Перераспределение водорастворимых веществ

# Биоаккумуляция

Процесс, посредством которого организмы накапливают токсиканты, извлекая их из абиотической фазы (воды, почвы, воздуха) и из пищи (трофическая передача).

Результатом биоаккумуляции являются пагубные последствия как для самого организма (достижение поражающей концентрации в тканях-мишенях), так и для организмов, использующих данный биологический вид, в качестве пищи.

# Биоаккумуляция некоторых поллютантов в организме рыб

Вещество	Фактор биоаккумуляции*
ДДТ	127 000
ТХДД	39 000
Эндрин	6 800
Пентахлорбензол	5 000
Лептофос	750
Трихлорбензол	183

*\*Фактор биоаккумуляции - соотношение концентрации поллютанта в тканях рыб и в воде в состоянии равновесия*

# Факторы, влияющие на биоаккумуляцию

- персистирование ксенобиотика в среде
- жирорастворимость (липофильность)
- склонность к сорбции
- участие в метаболизме организма

The background of the image is a serene landscape featuring a clear blue sky with wispy white clouds at the top. Below the sky is a vast, calm blue ocean. A bright sun is positioned on the left side of the horizon, creating a shimmering white reflection that extends across the water's surface. The overall color palette is dominated by various shades of blue, from deep cerulean to light sky blue.

**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ !**