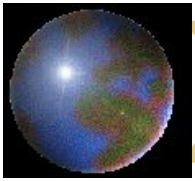




ОСНОВЫ ЭКОТОКСИКОЛОГИИ





**Развитие промышленности => непрерывное расширение
круга используемых химических веществ**

1 млн. т в 1930 г.

=> 100 млн. т сегодня

Многие десятилетия:

- сброс химических отходов производства в окружающую среду,
- сброс сточных вод в водные объекты практически без очистки,
- практически бесконтрольное использование пестицидов и удобрений



Полагали:

- газообразные вещества должны быстро рассеиваться в атмосфере,
- жидкости частично растворяться в воде и уноситься из мест выброса,
- потенциальная опасность промышленных выбросов рассматривалась как низкая,
- использование пестицидов и удобрений давало экономический эффект во много раз превосходящий ущерб, наносимый природе

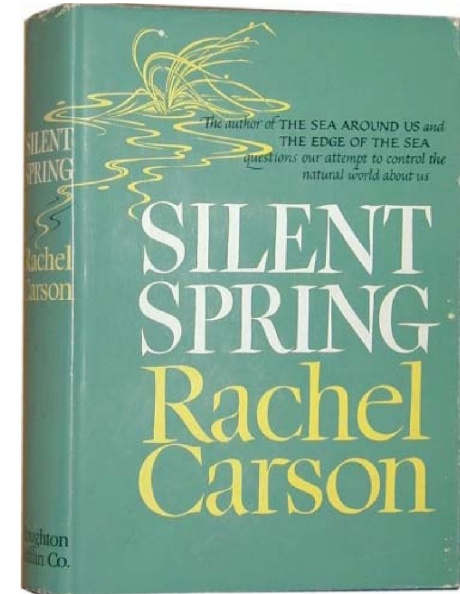


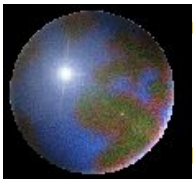
1962 г. - книга Рашель Карсон «Молчаливая весна»

ОПИСАНЫ: случаи массовой гибели птиц и рыб от бесконтрольного использования пестицидов

ВЫВОД: выявляемые эффекты поллютантов на дикую природу предвещают надвигающуюся беду и для человека.

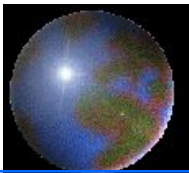
НАЧАЛО развития новой ветви науки - **токсикологии окружающей среды** (*environmental toxicology*)





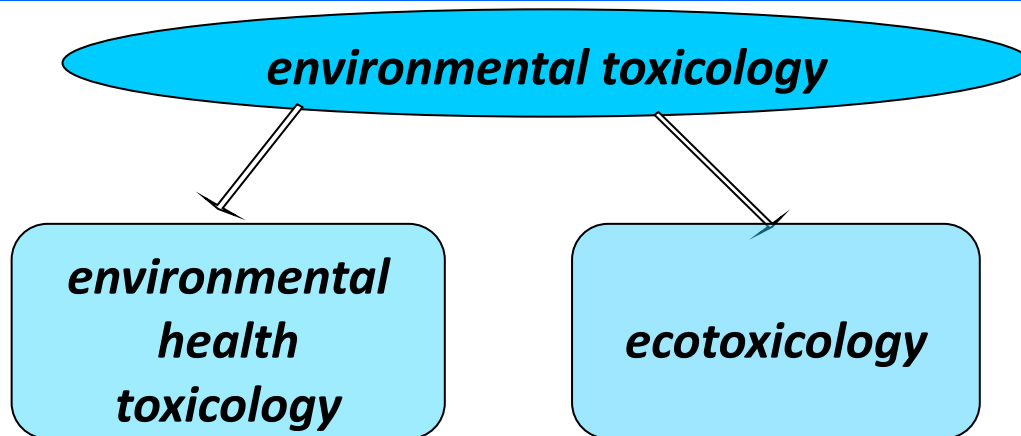
экотоксикология (*environmental toxicology*) - наука, изучающая токсические эффекты химических агентов на живые организмы, особенно на уровне популяций и сообществ, в пределах определенных экосистем; она включает пути переноса этих агентов и их взаимодействия в окружающей среде

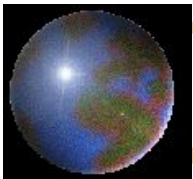




Экотоксикология изучает развитие неблагоприятных эффектов, проявляющихся при действии загрязнителей **на самые разнообразные виды живых организмов, как правило, на уровне популяций или экосистемы в целом, а также судьбу** химического вещества в системе биогеоценоза.

environmental toxicology - учение о вредных эффектах ХИМИКАТОВ на ЭКОСИСТЕМЫ.





ТОКСИКОЛОГИЯ и ЭКОТОКСИКОЛОГИЯ

Изучение токсичности для:

• человека

• для экосистем

Оценка токсических эффектов веществ происходит на :

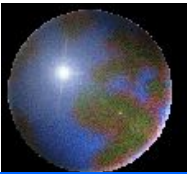
- **стандартных моделях**
- **в эпидемиологических исследованиях экспонированных человеческих популяций**

- **множестве организмов, которые составляют экосистемы, включая уровни от м/о до хищников на верхушке пищевой цепи**

Также изучают:

- **судьбу химических веществ в окружающей среде,**

- **взаимодействие токсикантов с абиотическими компонентами экосистем**



Объект исследований экотоксикологии:

- механизмы,
- динамика развития,
- проявления неблагоприятных эффектов действия токсикантов и продуктов их превращения в окружающей среде на живые организмы.

Основная задача: оценка экологического риска (ОЭР) - это процесс определения вероятности развития неблагоприятных эффектов со стороны биогеоценозов (включая популяции человека) в результате изменений различных характеристик среды.



Основные рассматриваемые вопросы:

- характеристика ксенобиотического профиля среды обитания,
- **проблемы экотоксикокинетики** (судьба поллютантов в окружающей среде),
- **экотоксиодинамика** (механизмы развития и формы токсического процесса, вызванного действием экотоксикантов на биоценоз и/или отдельные виды, его составляющие),
- **экотоксикометрия**



Биодоступность - способность взаимодействовать немеханическим путем с живыми организмами.

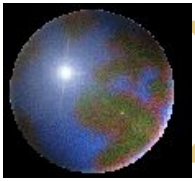
Ксенобиотики (xenobiotics) – биодоступные вещества, которые поступая в организм животных и растений, не используются как источники энергии или пластический материал, но, действуя в достаточных дозах и концентрациях, способны существенно модифицировать течение нормальных физиологических процессов



Ксенобиотический профиль биогеоценоза

- совокупность чужеродных веществ, содержащихся в окружающей среде в форме, позволяющей им вступать в физико-химические взаимодействия с биологическими объектами экосистемы.

Естественные ксенобиотические профили (ЕКБ) сформировались в ходе эволюционных процессов в течение миллионов лет

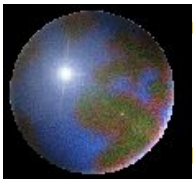


Экополлютанты (загрязнители) - химические вещества, накапливающиеся в среде в несвойственных ей количествах и являющиеся причиной изменения ЕКП.

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.*



Свойства веществ, определяющие их опасность для окружающей среды

• стойкость в окружающей среде:

- устойчивость к химической, биохимической и фотохимической деградации,
- длительный период полуразрушения в окружающей среде,

• способность к аккумуляции в живых организмах (по пищевой цепи)

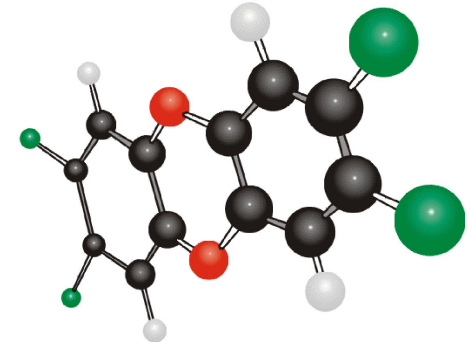
• высокая токсичность (при малых уровнях воздействия ($\text{нг} - \text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) либо метаболизм до токсичных продуктов)

• способность к трансграничному переносу

физические свойства, обеспечивающие высокую мобильность в окружающей среде



PTS – *persistent toxic substances*
(стойкие токсичные вещества)

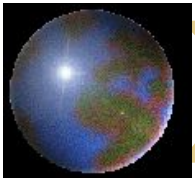


PBTs – *persistent, bioaccumulative and toxic substances*

(стойкие, биоаккумулирующие и токсичные вещества)

POPs – *persistent organic pollutants*


(стойкие органические загрязнители)



- **потенциально опасные экотоксиканты** как правило - вещества, устойчивые к процессам разрушения, и длительно персистирующие в окружающей среде

Основные группы веществ:

- **тяжелые Me:** Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Hg, As, Cr, сурьма
- **полициклические полигалогенированные УВ** (полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны, ПХБ),
- некоторые **ХО пестициды** (ДДТ, гексахлоран, алдрин, линдан и т.д.)



СТОЙКОСТЬ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ для Стойких органических загрязнителей (СОЗ)

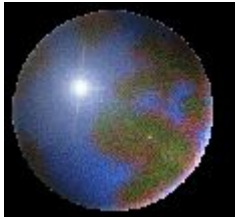
- $T_{1/2}$ в воде > 2 месяцев
- $T_{1/2}$ в почве и седиментах > 6 месяцев
- $T_{1/2}$ в воздухе > 2 дней

Примеры:

$T_{1/2}$

в почве ДДТ – 10 лет,
фенантрена – 138 сут,

$T_{1/2}$ в воде атразина - 25 месяцев,
карбофурана – 45 сут



***ПРЕВРАЩЕНИЕ
ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
в окружающей среде***

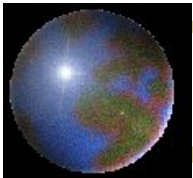


Абиотическая трансформация

1. Фотоллиз



- проходит гл. образом в атмосфере и на поверхности почвы и воды,
- скорость зависит от интенсивности света и способности вещества его поглощать.
- наиболее чувствительны - ненасыщенные ароматические соединения (например ПАУ),
- наличие в средах фотооксидантов существенно ускоряет процесс фотоллиза других поллютантов



2. Гидролиз

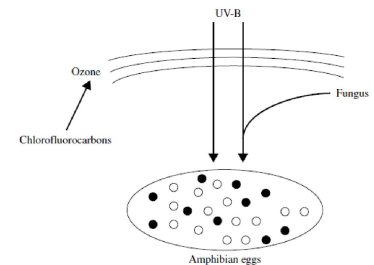
- высокочувствительные эфирные связи, например, в молекулах ФОС,
- скорость сильно зависит от pH,
- в результате превращений в окружающей среде образуются новые вещества, токсичность которых может быть выше, чем у исходного агента.
- образование нитрозосоединений: ряд пестицидов в почве, в кислой среде, легко вступают в соединение с нитритами..

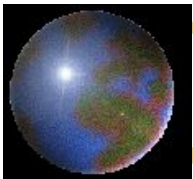




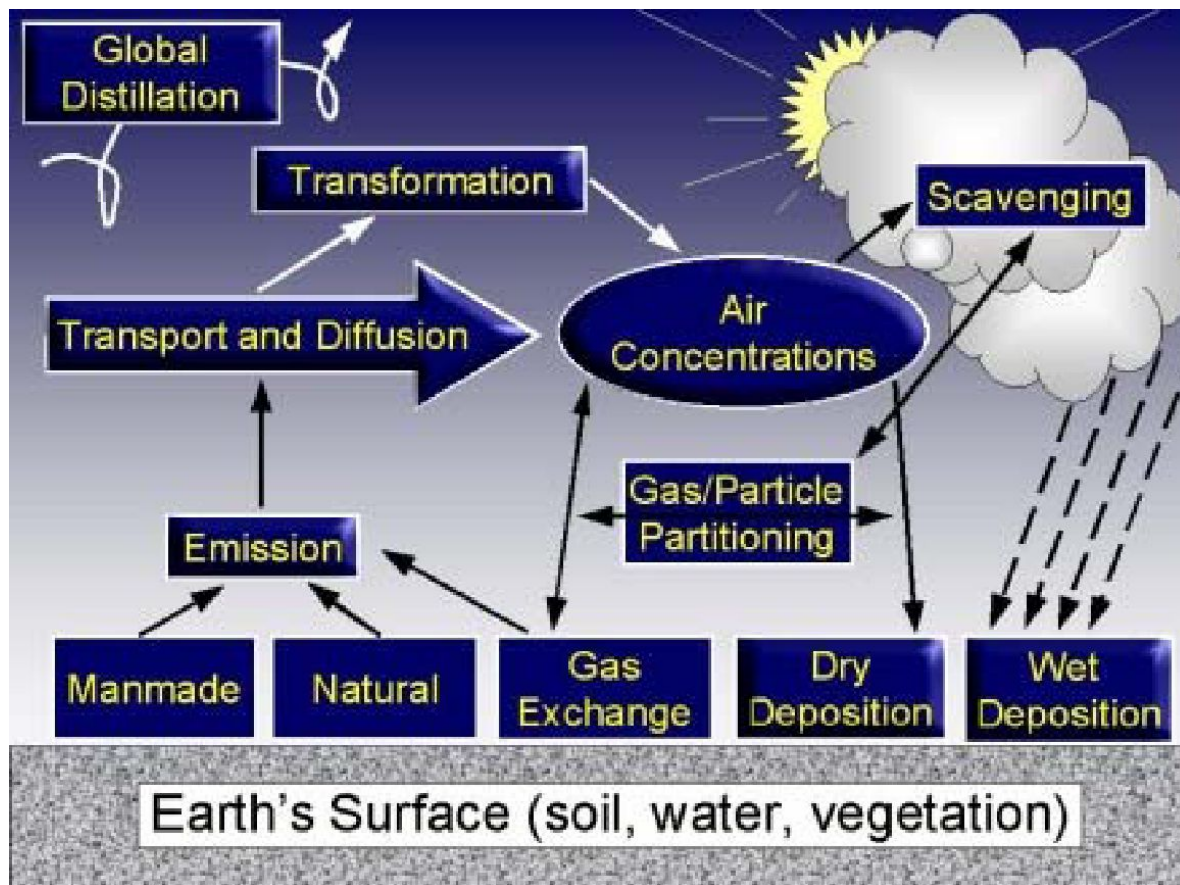
2. Биотическая трансформация

- биота, особенно м/о, используют химические вещества как питательные,
- идет при участии энзимов,
- деградация соединения может завершаться его полным разрушением - минерализацией
- возможно образование промежуточных продуктов



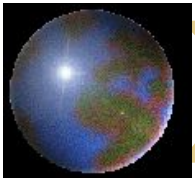


Процессы элиминации, не связанные с разрушением





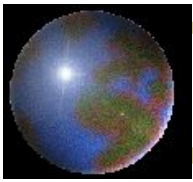
- **испарение** из воды и почвы и последующее перемещение в др. регионы с током воздуха (повсеместное распространение относительно летучих веществ - линдан, гексахлорбензол);
- **перемещение ветром и атмосферными течениями частиц** токсикантов или почвы, на которых адсорбированы вещества (ПАУ - бензпирены, дибензпирены, бензантрацены, дибензантрацены и др.);



- **сорбция веществ на взвешенных частицах** в воде, с последующим осаждением => элиминация из толщи воды, но накопление в донных отложениях => резко ↓ биодоступность;

- **перераспределение водорастворимых веществ** - способствуют дожди и движение грунтовых вод

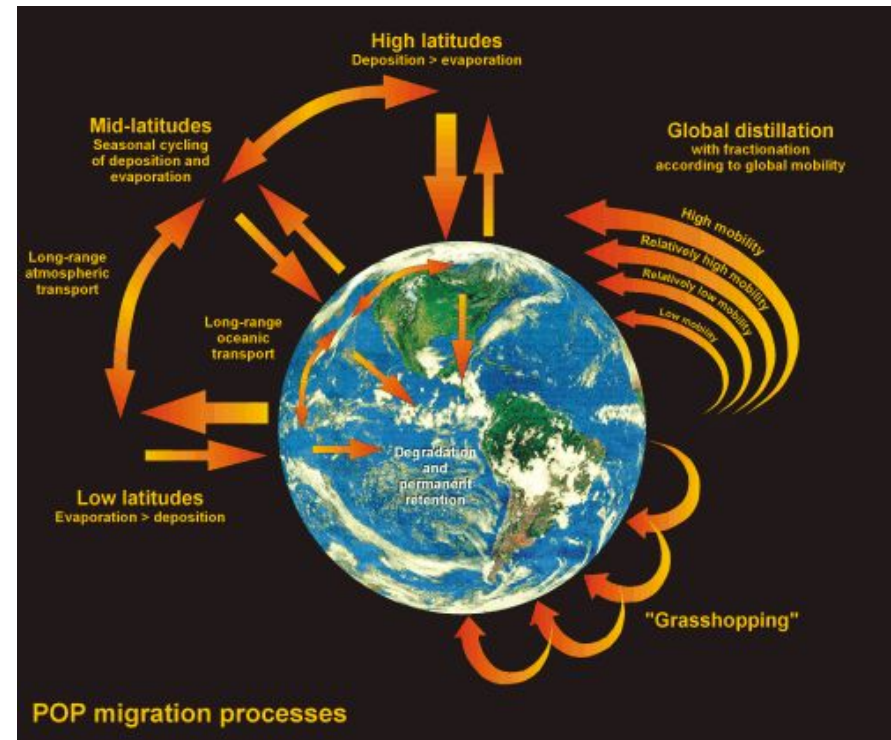
(гербицид атразин, используемый в сельском и парковом хозяйстве США, повсеместно присутствует там в поверхностных водах, поскольку оно стойкое и легко растворимо в воде мигрирует и в грунтовые воды и там накапливается).

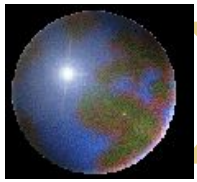


Трансграничный перенос

СТОЙКИЕ ТОКСИЧНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

- переносятся при выветривании горных пород, через водные потоки, воду, биоту,
- многие являются летучими,
- испаряются в теплых регионах и конденсируются в более холодных слоях атмосферы,
- могут поражать даже регионы, где их не используют.

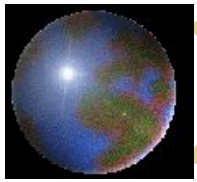




БИОАККУМУЛЯЦИЯ

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





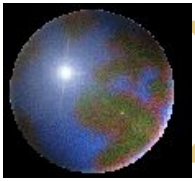
Факторы, влияющие на биоаккумуляцию:

- персистирование K_s в среде,
- наибольшая способность - у липофильных веществ,
- склонность липофильных веществ к сорбции на поверхностях частиц, осаждающихся из воды и воздуха ↓ их биодоступность.
- способность веществ метаболизироваться в организме,
- **наилучшие условия** для биоаккумуляции - в водной среде.



ЗНАЧЕНИЕ БИОАККУМУЛЯЦИИ

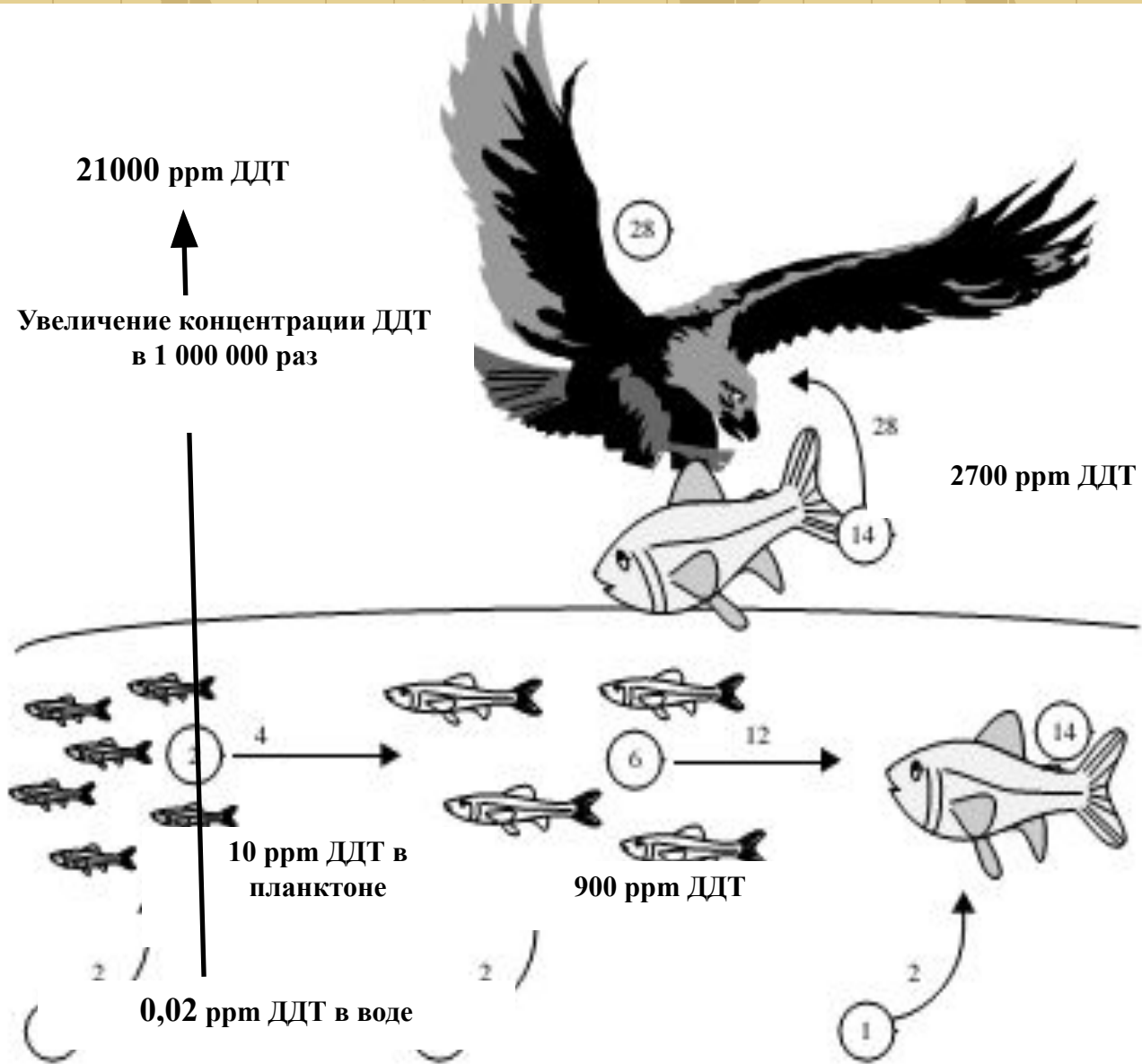
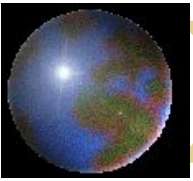
- **лежит в основе** не только хронических, но **и отсроченных острых** токсических эффектов.
- быстрая потеря жира, в котором накоплено большое количество вещества, => к выходу токсиканта в кровь => **массовая гибель при достижении животными половой зрелости** в экологически неблагополучных регионах
- стойкие поллютанты могут **передаваться потомству**. При этом **возможно развитие эффектов у потомства, не проявляющихся у родителей**.



БИОМАГНИФИКАЦИЯ

перемещение высоко липофильных веществ по пищевым цепям от организмов-жертв, к организмам-консументам, сопровождаемое увеличением концентрации токсиканта в тканях каждого последующего организма - звена пищевой цепи.







ПРОЯВЛЕНИЯ ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ на различных уровнях организации:

- **субклеточный уровень:** биохимические, физиологические и гистологические характеристики («биомаркеры»);
- **организменный уровень:** заболевания, гибель, изменение активности, ↓ резистентности к др. действующим факторам среды, фертильность, уродства, скорость роста;



ПРОЯВЛЕНИЯ ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ на различных уровнях организации:

- ❖ **популяционный уровень:** ↑ заболеваемости и смертности, специфичной для определенного периода развития, изменение темпа роста/прироста биомассы, ↓ рождаемости, ↑ числа врожденных дефектов развития, проявляются гибелью популяции, изменением средней продолжительности жизни, культурной деградацией.
- ❖ **экосистемный уровень:** изменение численности видов вплоть до исчезновения отдельных видов и появления новых, не свойственных данному биоценозу (изменение видовой структуры), продукции, дыхания (функциональный признак).