

# 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

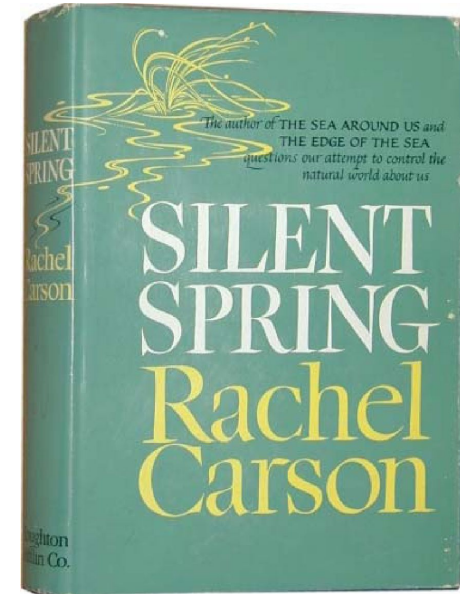


## **1962 г. - книга Рашель Карсон «Молчаливая весна»**

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

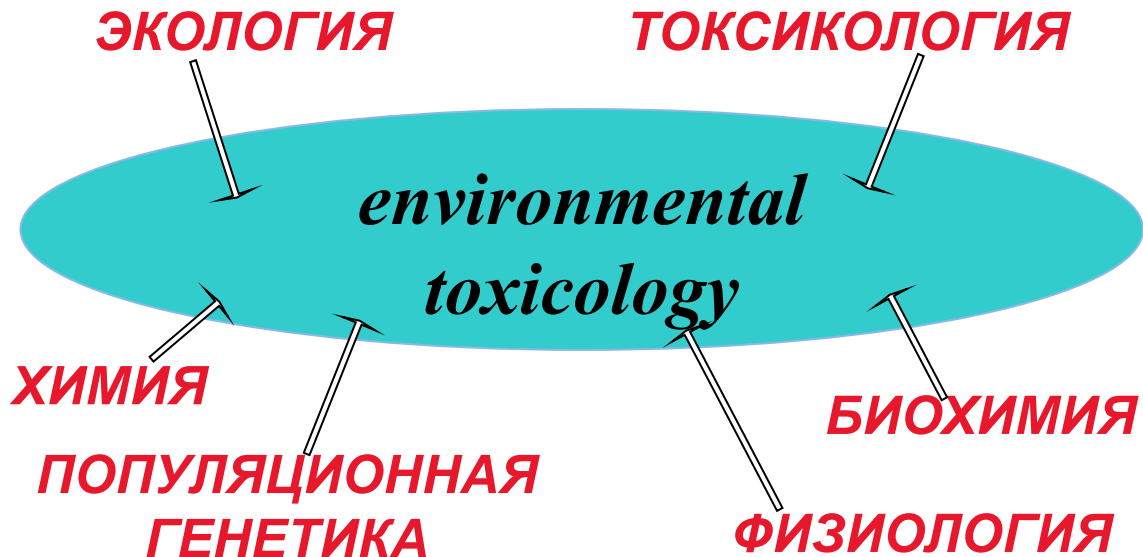
**ВЫВОД:** выявляемые эффекты поллютантов на дикую природу предвещают надвигающуюся беду и для человека.

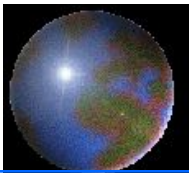
**НАЧАЛО** развития новой ветви науки - **токсикологии окружающей среды** (*environmental toxicology*)





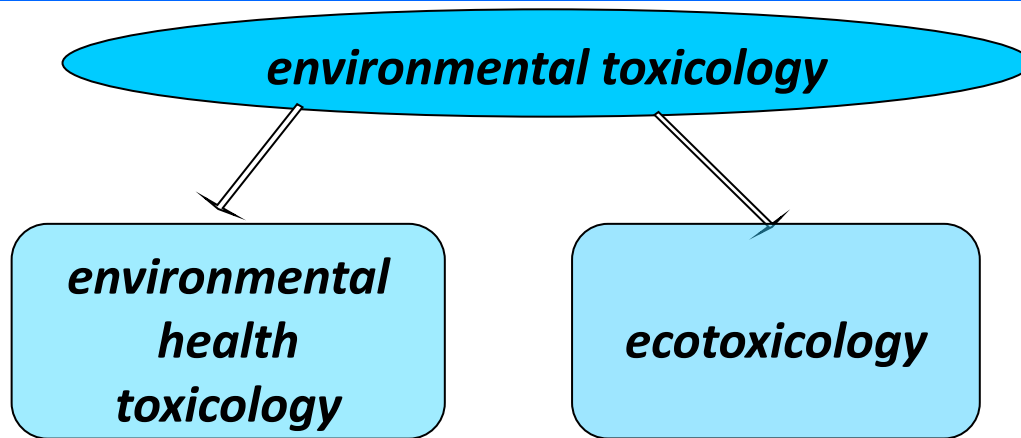
**экотоксикология (*environmental toxicology*)** - наука, изучающая токсические эффекты химических агентов на живые организмы, особенно на уровне популяций и сообществ, в пределах определенных экосистем; она включает пути переноса этих агентов и их взаимодействия в окружающей среде





**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 :

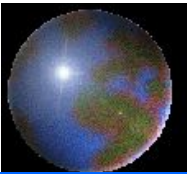
- *стандартных моделях*
- *в эпидемиологических исследованиях экспонированных человеческих популяций*

- *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),
- **экотоксикодинамика** (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)**

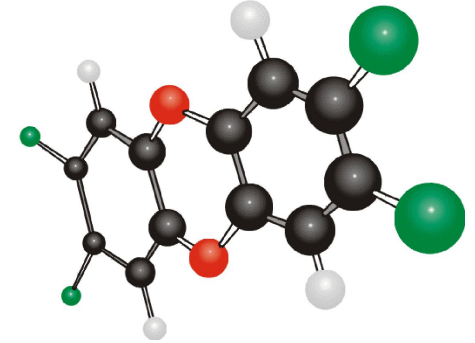
### **• высокая токсичность** (при малых уровнях воздействия ( $\text{нг} - \text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) либо метаболизм до токсичных продуктов)

### **• способность к трансграничному переносу**

физические свойства, обеспечивающие высокую мобильность в окружающей среде



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

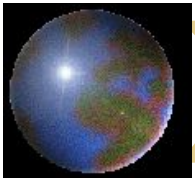


**PBTs** – *persistent, bioaccumulative and toxic substances*

(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***

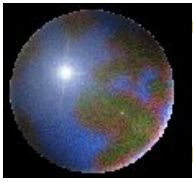


# Абиотическая трансформация

## 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

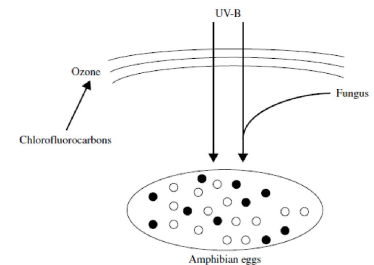
- высокочувствительные эфирные связи, например, в молекулах ФОС,
- скорость сильно зависит от pH,
- в результате превращений в окружающей среде образуются новые вещества, токсичность которых может быть выше, чем у исходного агента.
- образование нитрозосоединений: ряд пестицидов в почве, в кислой среде,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





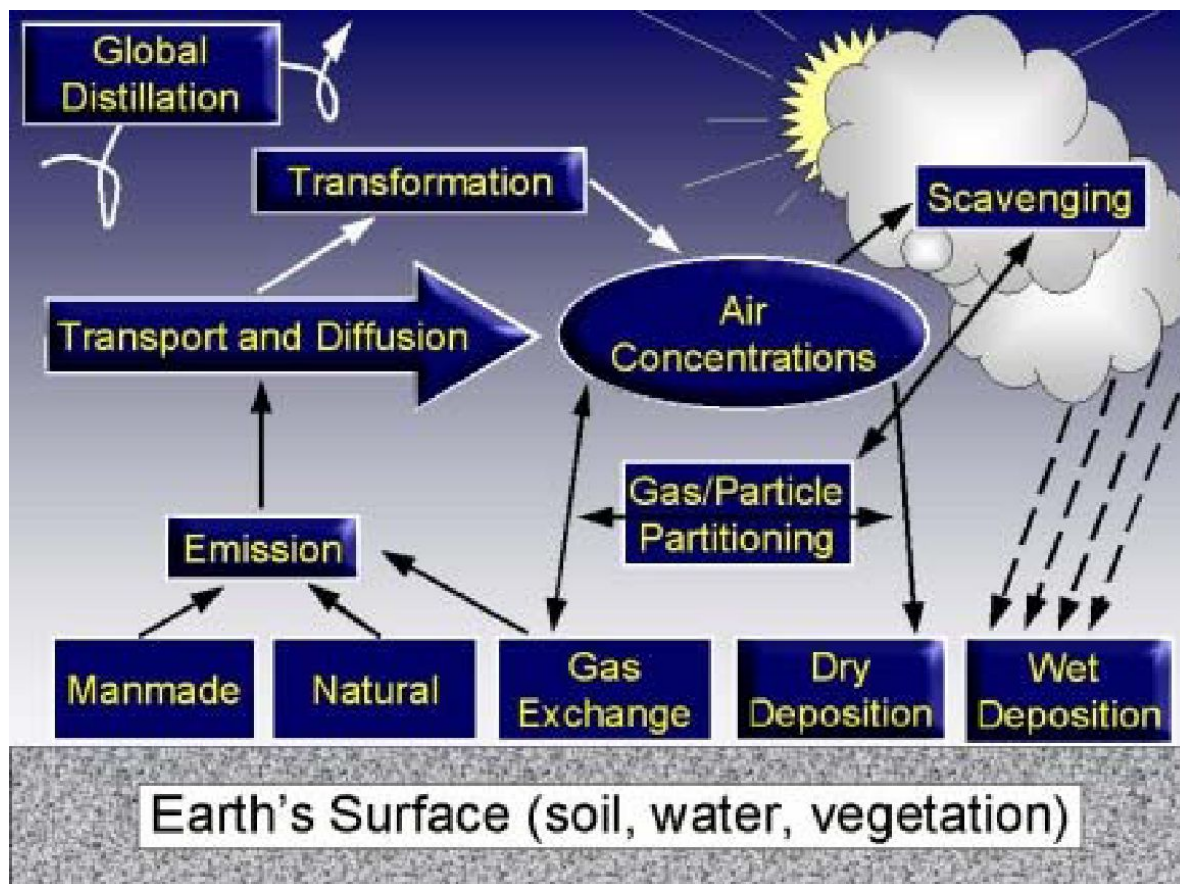
## 2. Биотическая трансформация

- 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



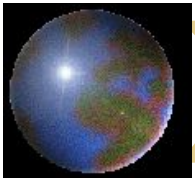


## Процессы элиминации, не связанные с разрушением





- **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

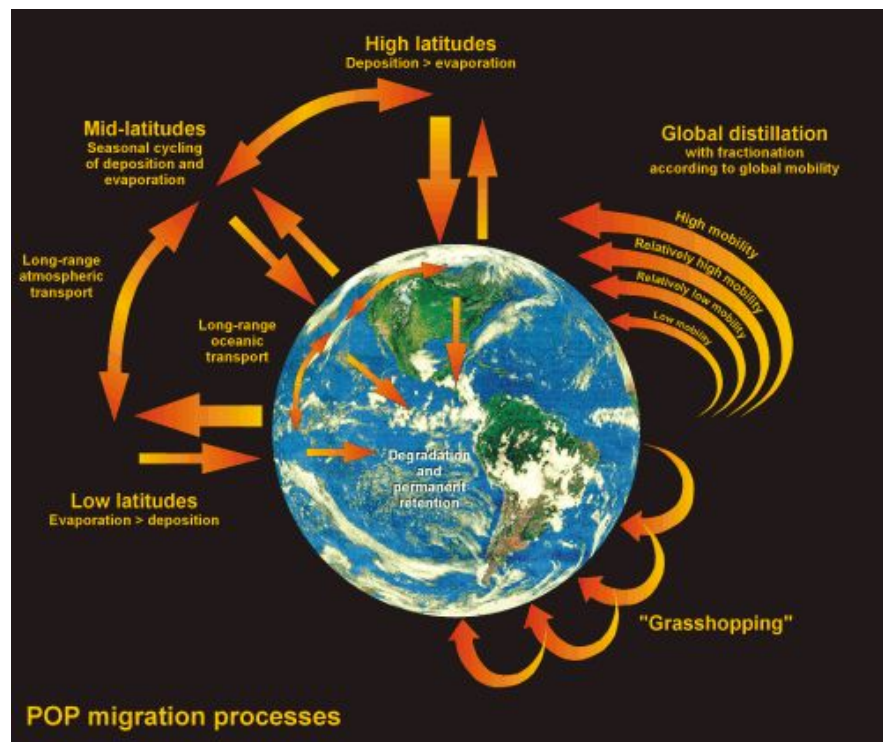
(гербицид атразин, используемый в сельском и парковом хозяйстве США, повсеместно присутствует там в поверхностных водах, поскольку оно стойкое и легко растворимо в воде мигрирует и в грунтовые воды и там накапливается).



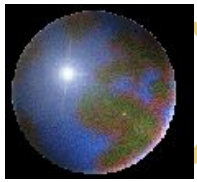
# Трансграничный перенос

## 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.



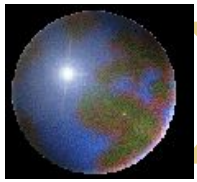




# ***БИОАККУМУЛЯЦИЯ***

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***

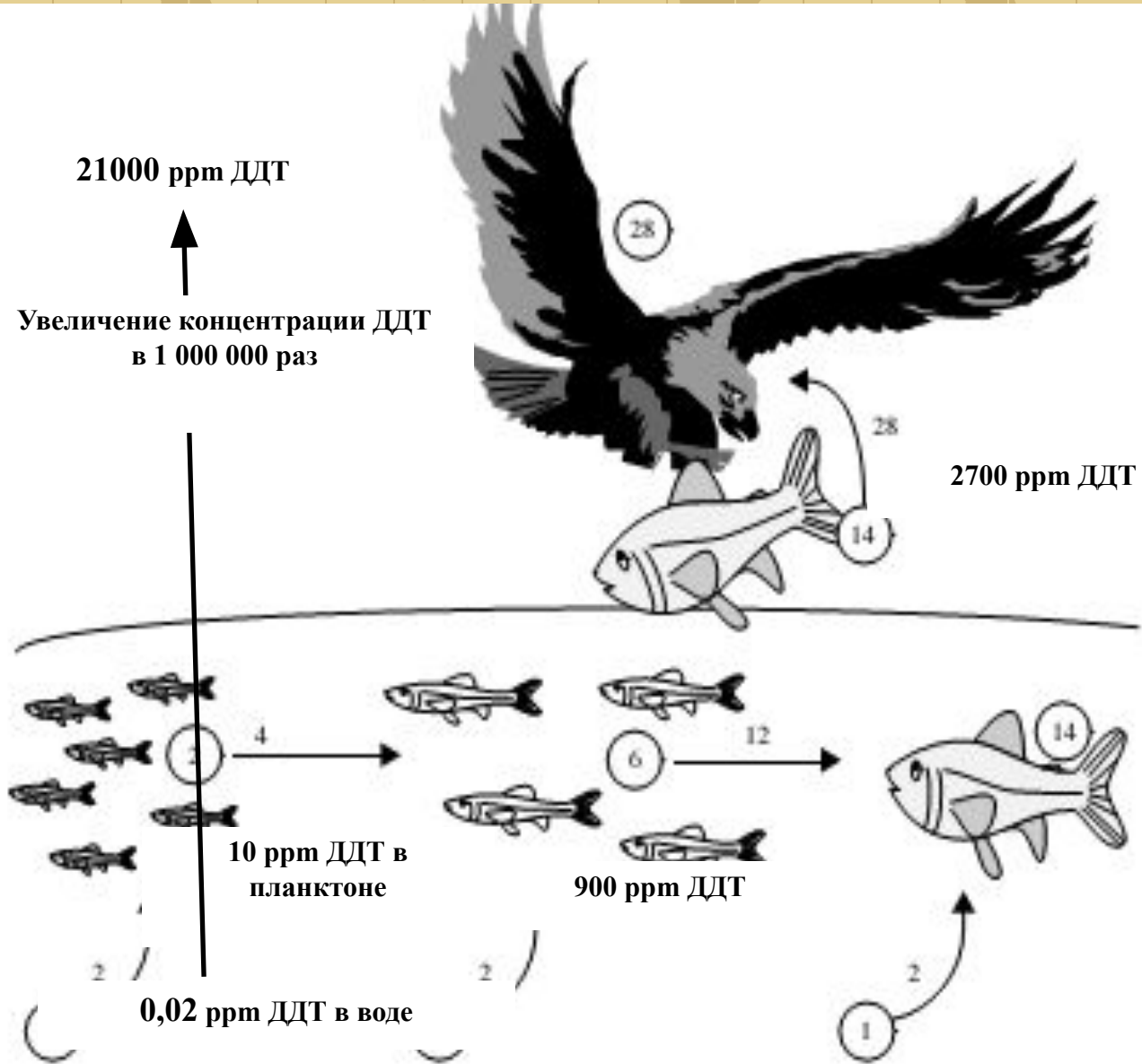
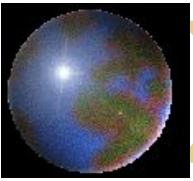
- ***лежит в основе*** не только хронических, но ***и отсроченных острых*** токсических эффектов.
- быстрая потеря жира, в котором накоплено большое количество вещества, => к выходу токсиканта в кровь => ***массовая гибель при достижении животными половой зрелости*** в экологически неблагоприятных регионах
- 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).