

# Животные как биоиндикаторы

# Вид-индикатор должен ...

- ... Четко отличаться от СХОДНЫХ ВИДОВ;
- ... Иметь широкий ареал;
- ... Не иметь форм неопределенного статуса в пределах вида;
- ... Быть оседлым;
- ... Не быть синантропным;

# Вид-индикатор должен ...

- ... Встречаться в естественных и антропогенных экосистемах;
- ... Иметь стандартные методы сбора;
- ... Иметь длинный (многолетний) жизненный цикл;
- ... Иметь высокую численность в течение сезона и в разные годы (но колебания численности не должны превышать 100%);
- ... Хорошо известны экология и биология вида;
- ... Быть эвритопным.

# Типы биоиндикаторов

- Кумулятивного типа («медленные»)
- Реакционного типа («быстрые»)

# Факторы воздействия

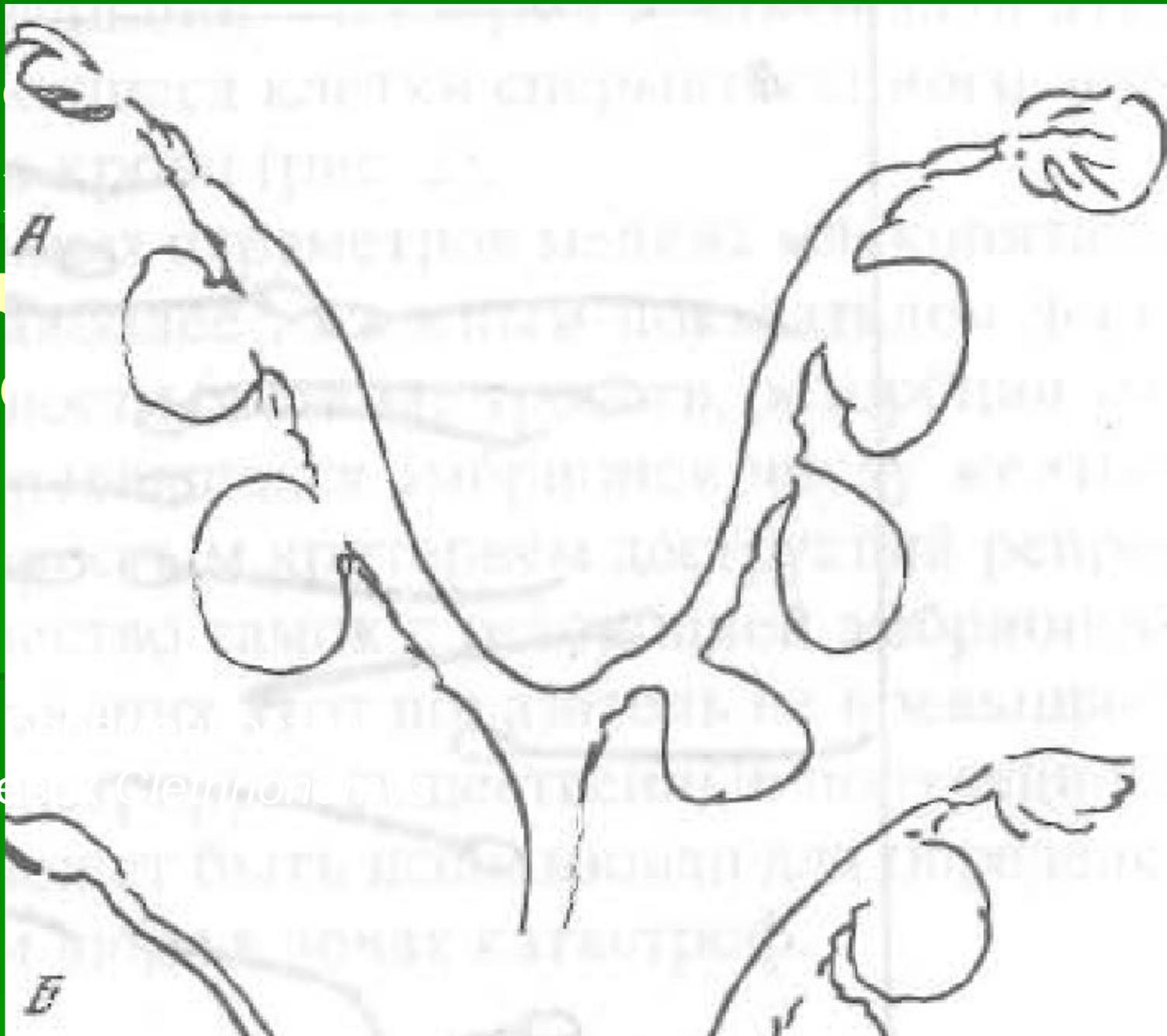
- Ионизирующее излучение
- Опасные и вредные химические вещества
- Биогенные элементы (соединения фосфора и азота)
- Тепловое загрязнение атмосферы и гидросферы
- Поля электромагнитного излучения
- Акустическое излучение (шум)
- Изменение электрических свойств атмосферы (ионный состав, электрическая напряженность)
- Изменение гидрологических и гидрометеорологических условий

# Радиоактивное загрязнение

- Доза – эффект
- Предел дозы облучения – 1 мЗв/год  
(до 20 мкр/час и загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  – 1 Ки/км<sup>2</sup>,  $^{90}\text{Sr}$  – 0.3 Ки/км<sup>2</sup>)
- На территориях с  $> 5$  мЗв/год необходима рекультивация

# Физиологическое состояние при радиационной загрязненности

Патологии рыжих полевок *Clethrionomys glareolus*



# Радиационные заповедники

- «Маяк» 1957, Чернобыль 1986
- Восточно-Уральский заповедник (1966)

# Состояние дикой природы в радиационных заповедниках

- Радиационная динамика
  - ЧАЭС: 1987 – 90% животных погибло, 1999 – численность 80-90% от контроля
- Изоляция экосистем (островная биогеография)
- Режим заповедания
  - ВУС: при загрязнении в 1000 раз выше фона отмечены: глухарь, тетерев, орлан-белохвост, серый журавль и т.д.

# Стратегии выживания животных в условиях радиационного загрязнения

- Факторы, определяемые радиочувствительностью
  - Структура и размер генома
  - Цитогенетические характеристики
  - Способность к репарации
  - Биохимические характеристики
- Тихоходки, Нематоды – эвтелия

# Стратегии выживания животных в условиях радиационного загрязнения

- Ландшафтно-экологические факторы
  - На суше – аэрозоли
  - Биогеохимические и экологические барьеры (обогащение до 1-3 порядков)
  - Постепенная аккумуляция радионуклидов в почве
- Популяционные факторы

# Стратегии выживания животных в условиях радиационного загрязнения

- Популяционные факторы
  - Жизненные формы (дискретные меньше взаимодействуют со средой)
  - Миграционные возможности
    - Ящерицы
    - Листоеды

# Экологическое нормирование антропогенных нагрузок

# Оценка экологического риска

- Популяционный подход
  - Форма существования животных в природе – популяция
- Индивидуальный подход
  - Защита каждого человека персонально

# Нормирование качества окружающей среды

**Нормирование качества окружающей среды** — установление показателей и пределов, в которых допускается изменение этих показателей (для воздуха, воды, почвы и т.д.).

**Цель нормирования** — установление предельно допустимых норм (**экологических нормативов**) воздействия человека на окружающую среду.

Соблюдение экологических нормативов должно обеспечить экологическую безопасность населения, сохранение генетического фонда человека, растений и животных, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов.

# Нормативы качества окружающей среды

Основные экологические нормативы качества окружающей среды и воздействия на нее:

## **Нормативы качества (санитарно-гигиенические):**

- предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ;
- предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий: радиации, шума, вибрации, магнитных полей и др.

## **Нормативы воздействия (производственно-хозяйственные):**

- предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ;
- предельно допустимый сброс (ПДС) вредных веществ.

## **Комплексные нормативы (экологические):**

- предельно допустимая экологическая (антропогенная) нагрузка на окружающую среду.

# ПДК

**Предельно допустимая концентрация (количество) (ПДК)** — количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

ПДК рассчитывают на единицу объема (для воздуха, воды), массы (для почвы, пищевых продуктов) или поверхности (для кожи работающих). ПДК устанавливают на основании комплексных исследований. При ее определении учитывают степень влияния загрязняющих веществ не только на здоровье человека, но и на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

# ПДК

При содержании в природном объекте нескольких загрязняющих веществ учитывают их совместное воздействие. Сумма их концентраций не должна превышать при расчете единицы:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n < 1,$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — фактические концентрации вредных веществ в воздухе, воде, почве, продуктах питания;  $ПДК_1, ПДК_2, \dots,$

$ПДК_n$  — предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые установлены для их изолированного присутствия.

# ПДУ

**Предельно допустимый уровень (ПДУ)** — это максимальный уровень воздействия радиации, шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда. ПДУ — это то же, что ПДК, но для физических воздействий.

# ПДВ и ПДС

**Предельно допустимый выброс (ПДВ) или сброс (ПДС)** — это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается данному конкретному предприятию выбрасывать в атмосферу или сбрасывать в водоем, не вызывая при этом превышения в них предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

# Нормирование по экологическому риску

*Экологический риск* — это вероятность появления негативных изменений в окружающей природной среде, вызванных негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, с учетом величины возможных ущербов.

Мера экологической опасности рассматривается в двух основных аспектах:

- 1) вероятность нарушения природного равновесия;
- 2) вероятность негативного воздействия на человека.

# Определение экологического риска

---

Экологический риск может быть оценен количественно по формуле:

$$R = p \cdot y,$$

где  $R$  — экологический риск;

$p$  — вероятность негативного воздействия источника опасности на население, экосистемы или иные объекты;

$y$  — предполагаемая величина ущерба от воздействия.

# Экологический риск и «традиционное» нормирование

---

Нормирование с использованием ПДК, ПДВ, ПДС, ПДУ и других нормативов основано на определении количества загрязняющего вещества или иного агента в окружающей среде.

Нормирование на основе определения экологического риска базируется на оценке источников опасности и устойчивости экосистем и человеческого организма.

# Принципы допустимого экологического риска

При оценке допустимости антропогенного воздействия на окружающую природную среду следует руководствоваться принципами допустимого экологического риска:

- 1) неизбежность потерь в природной среде;
- 2) минимальность потерь в природной среде;
- 3) реальная возможность восстановления потерь в природной среде;
- 4) отсутствие вреда здоровью человека и обратимость изменений в природной среде;
- 5) соразмерность экологического вреда и экономического эффекта.

# Отличие гигиенического и экологического нормирования

**Санитарно-гигиеническое нормирование** — установление нормативов качества окружающей среды приемлемых для человека.

**Экологическое нормирование** — нормирование антропогенного воздействия на экосистему в пределах ее экологической емкости, не приводящего к нарушению механизмов саморегуляции.

Критерии:

Охранение стабильности и разнообразия экосистемы.

## Методологические особенности гигиенического нормирования (по Е.Л. Воробейчику):

- предельные нагрузки устанавливаются для отдельных веществ (либо их смесей, но с известным соотношением компонентов);
- лабораторные эксперименты – основа для получения нормативов;
- используются параметры организменного, а не экосистемного уровня.

## Методологические особенности экологического нормирования (по Е.Л. Воробейчику):

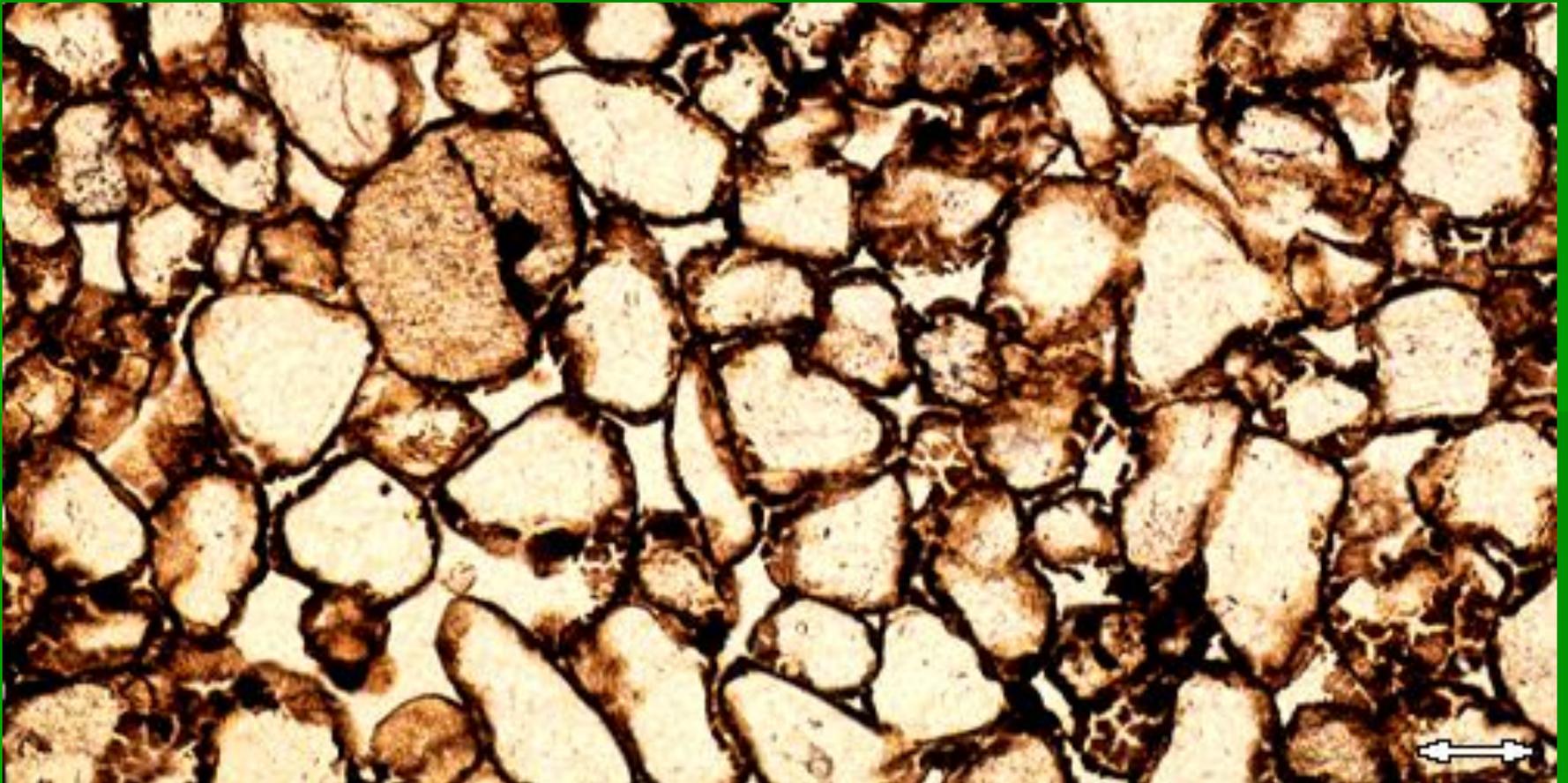
- критерии оценки задает человек исходя из своих потребностей, причем потребность в здоровой окружающей среде – одна из важнейших;
- при задании критериев оценки экосистем необходимо учитывать их полифункциональность (важнейшие функции – обеспечение необходимого вклада в биосферные процессы, удовлетворение экономических, социальных и эстетических потребностей общества);
- нормативы предельных нагрузок должны быть “вариантными”, т.е. различными для экосистем разного назначения (необязательно требовать выполнение всех функций одновременно и в одном месте);
- нормативы должны быть дифференцированы в зависимости от физико-географических условий региона и типа экосистем;

## Методологические особенности экологического нормирования (по Е.Л. Воробейчику):

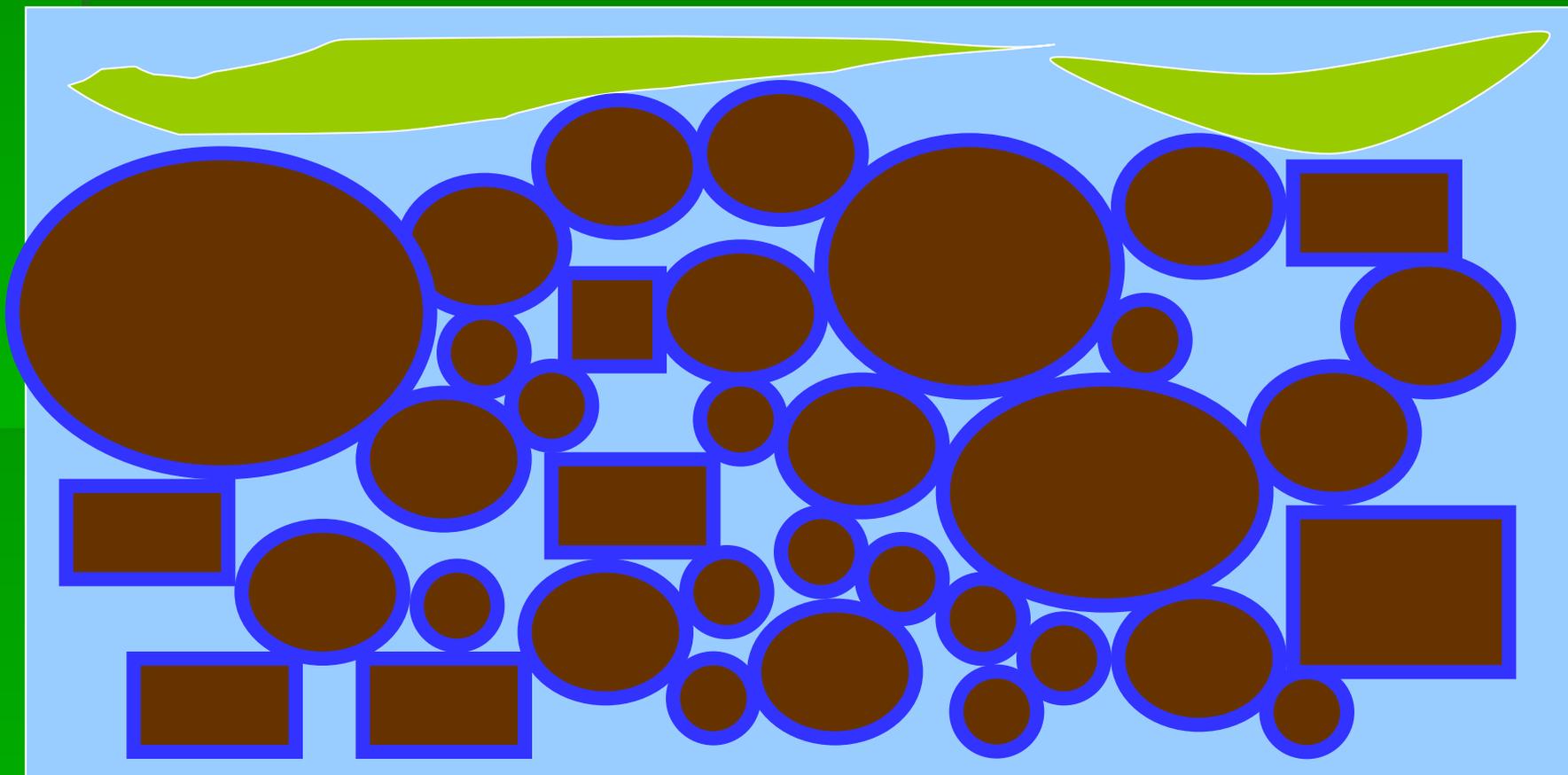
- нормативы должны быть дифференцированы во времени: менее жесткие для существующих технологий, более жесткие для ближайшей перспективы, еще более жесткие для проектируемых производств и новых технологий;
- нормировать необходимо интегральную нагрузку, которая может быть выражена в относительных единицах, а не концентрации отдельных загрязнителей;
- среди показателей состояния биоты для нормирования необходимо выбрать основные, отражающие важнейшие закономерности ее функционирования, предпочтение необходимо отдавать интегральным параметрам;
- нахождение нормативов может быть реализовано только в исследованиях реальных экосистем, находящихся в градиенте нагрузки, т.е. только на основе анализа зависимостей доза – эффект на уровне экосистем.

# Почвенные животные как биоиндикаторы

# Почва как среда обитания



# Почва как среда обитания

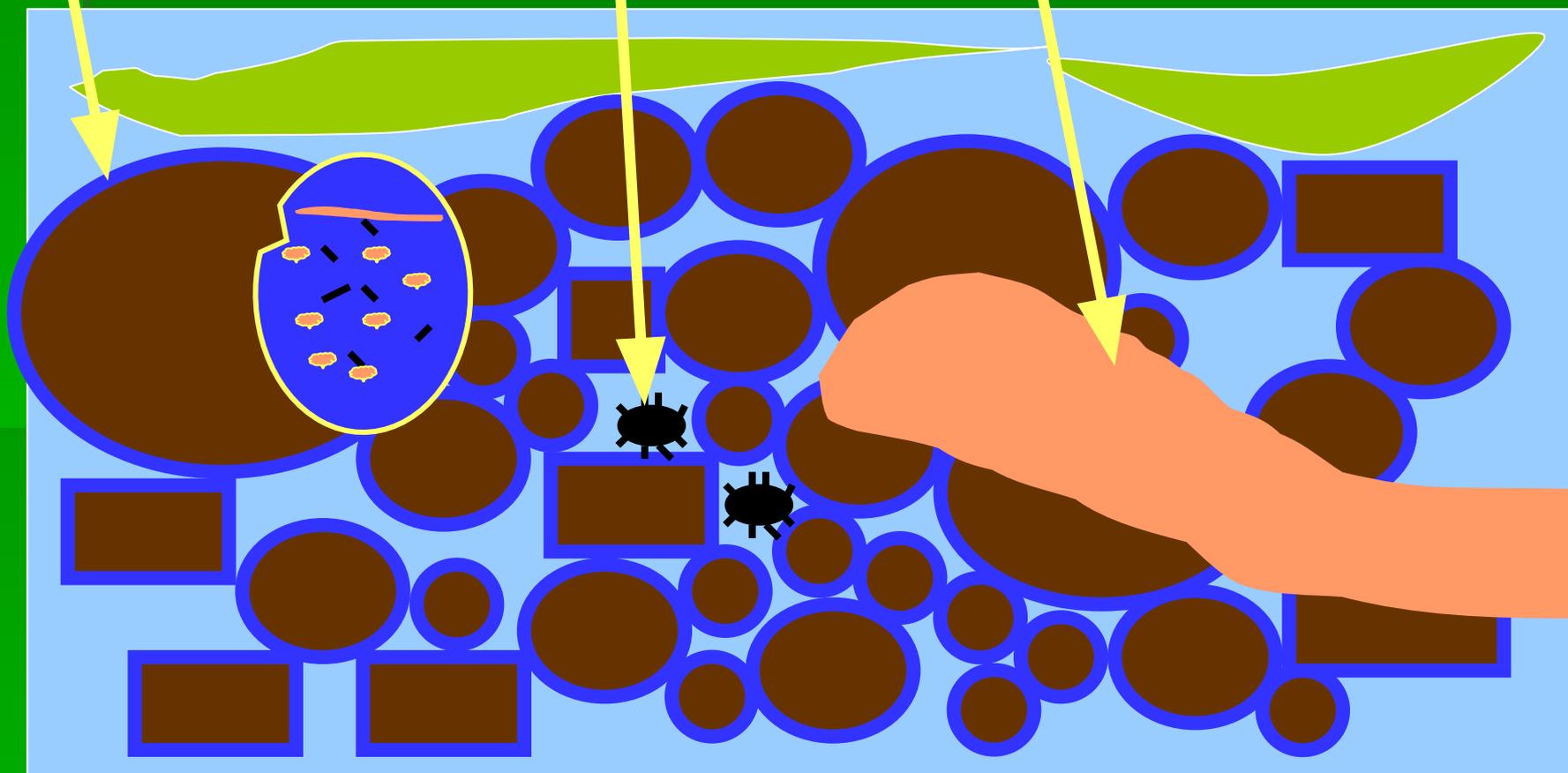


# Жизненные формы в почве

1- пленочная вода

2- почвенный  
воздух

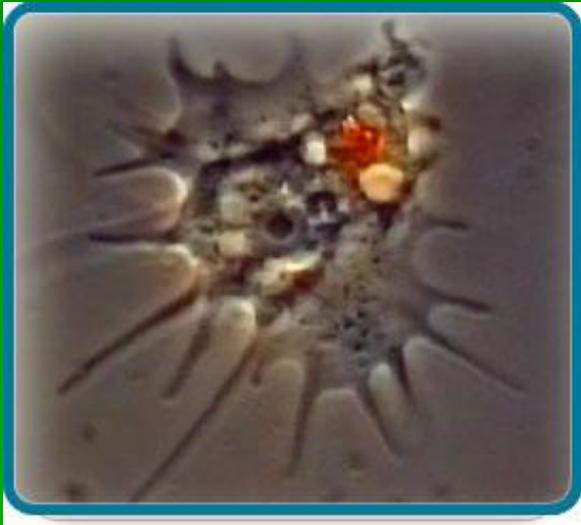
3- почва как целое



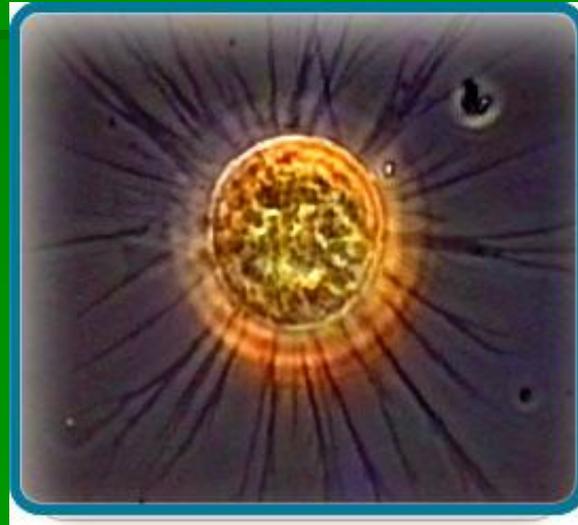
# Размерные группы почвенных ЖИВОТНЫХ

- Нанофауна
- Микрофауна
- Мезофауна
- Макрофауна

# Наннофауна (менее 0.1 мм)



Амебы



Форамениферы



Коловратки

# Микрофауна (0.1-10 мм)



Клещи



Коллемболы  
(Ногохвостки)



# Микрофауна (0.1-10 мм)



Нематоды



Энхитреиды

# Мезофауна (1-100 мм)



Паук



Мокрица

# Мезофауна (1-100 мм)



Губоногие  
МНОГОНОЖКИ



Двупарноногие  
МНОГОНОЖКИ

# Дождевые черви



# Макрофауна (позвоночные)



Крот



Гофер

# Почвенные лабораторные микрокосмы в экотоксикологии

---

- Микрокосм – небольшая экспериментальная экосистема, создаваемая искусственно или являющаяся частью природной экосистемы, для изучения или моделирования экологических процессов.
- TME – terrestrial model ecosystems

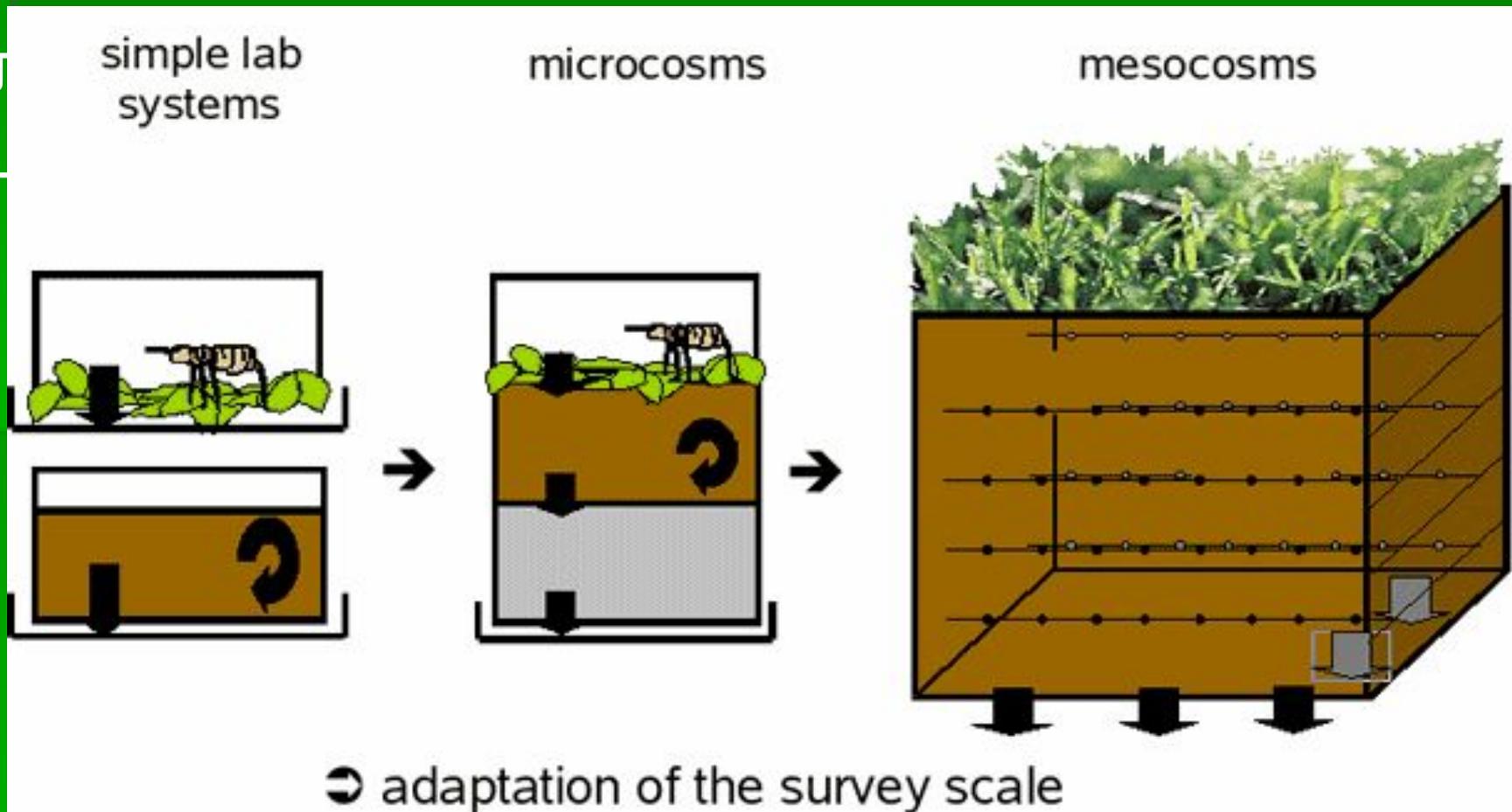
# Типы микрокосмов

- **Вегетационные сосуды**

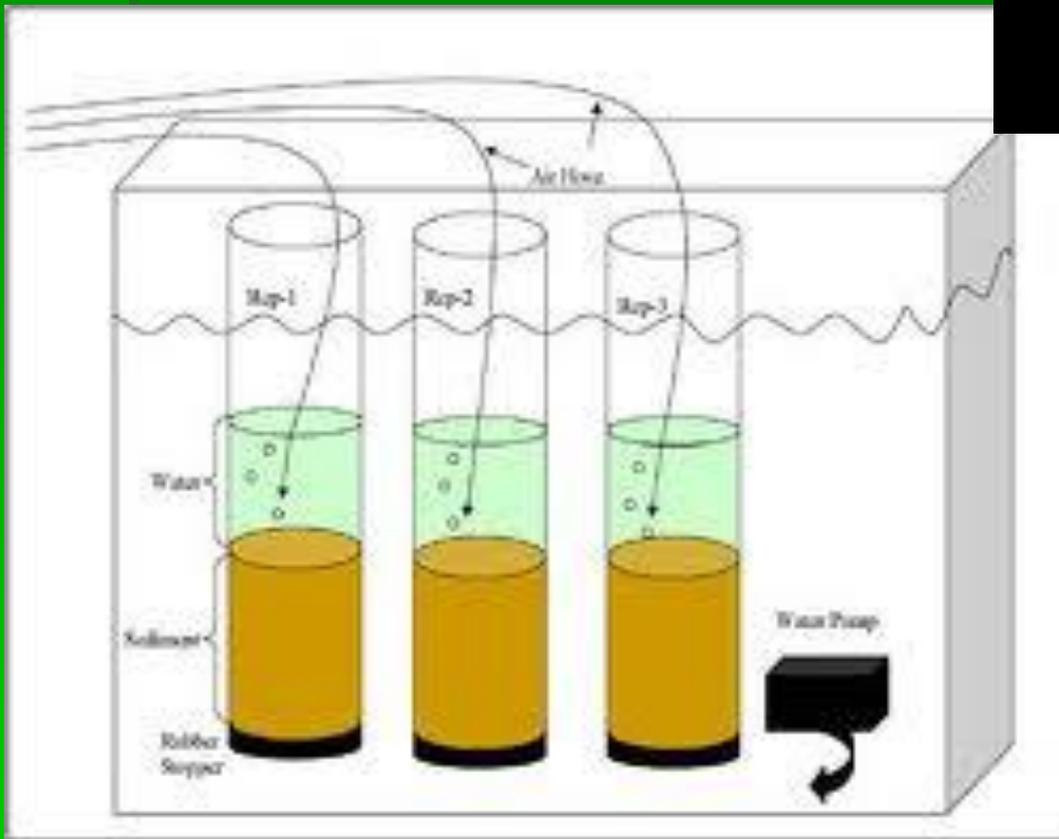
- ван Гельмонт

- Пл

- Ин



# Микрокосмы



# Мезокосмы



# Litter bags



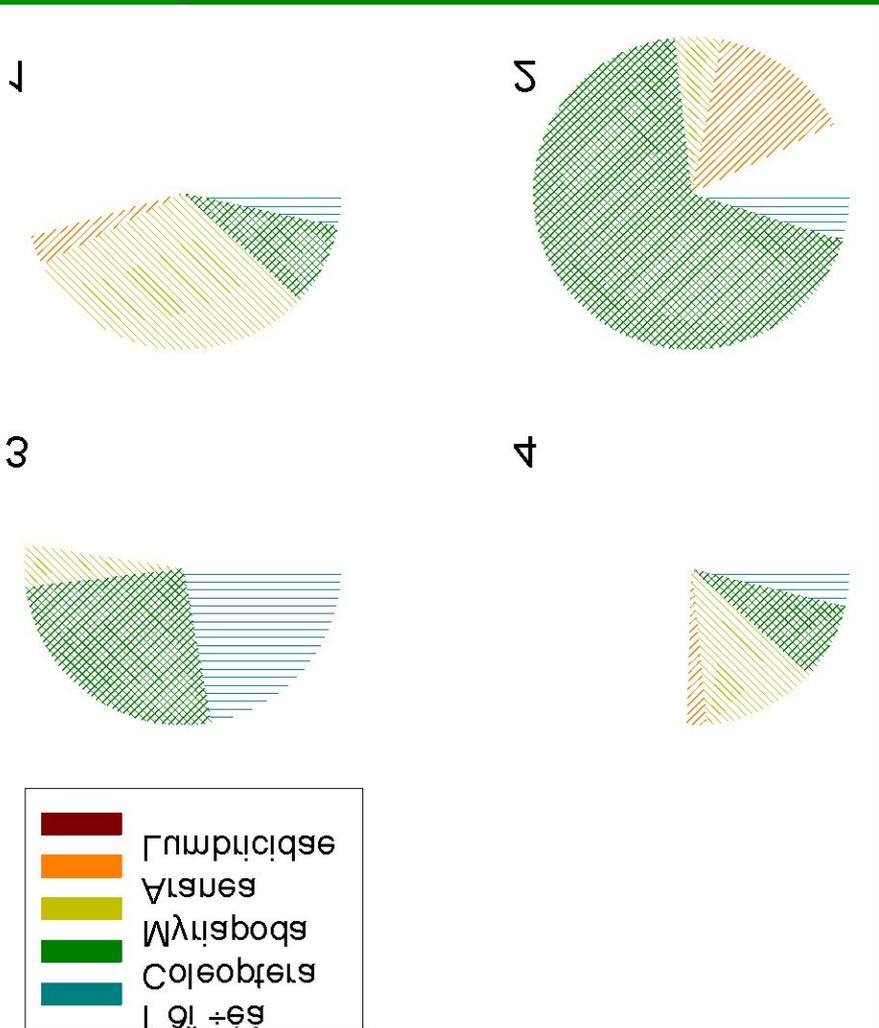
# Приманочная пластинка **bait-lamina test**



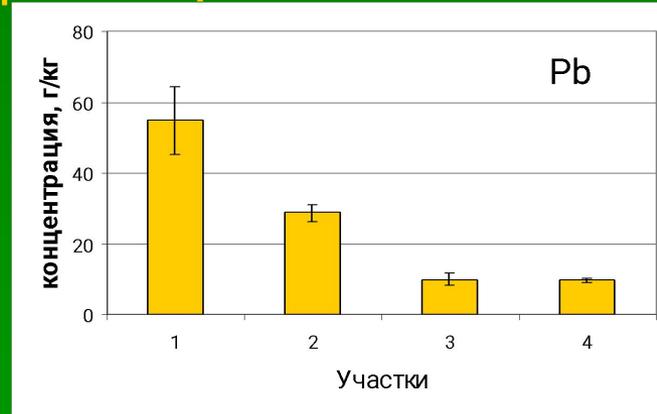
# Сообщества почвенных животных при промышленном загрязнении

Градиент загрязнения от Косогорского комбината:  
 #1 – 400 м  
 #2 – 3 km  
 #3 – 5 km  
 #4 – 10 km

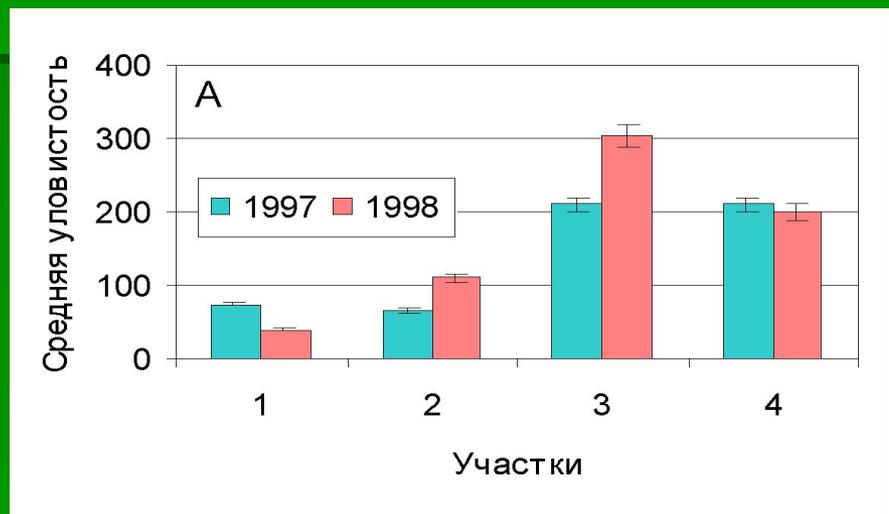
## Состав



## Содержание свинца

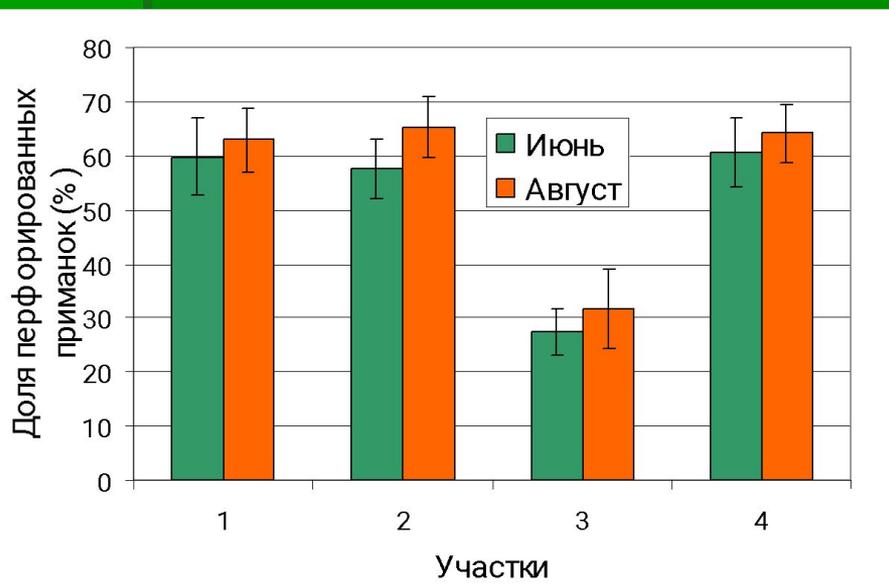


## Численность

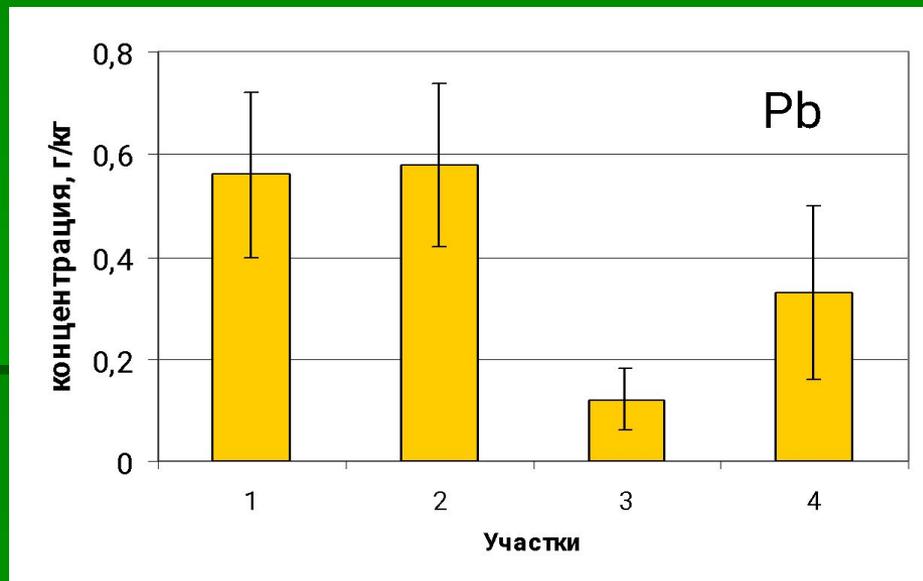


# Сообщества почвенных животных при промышленном загрязнении

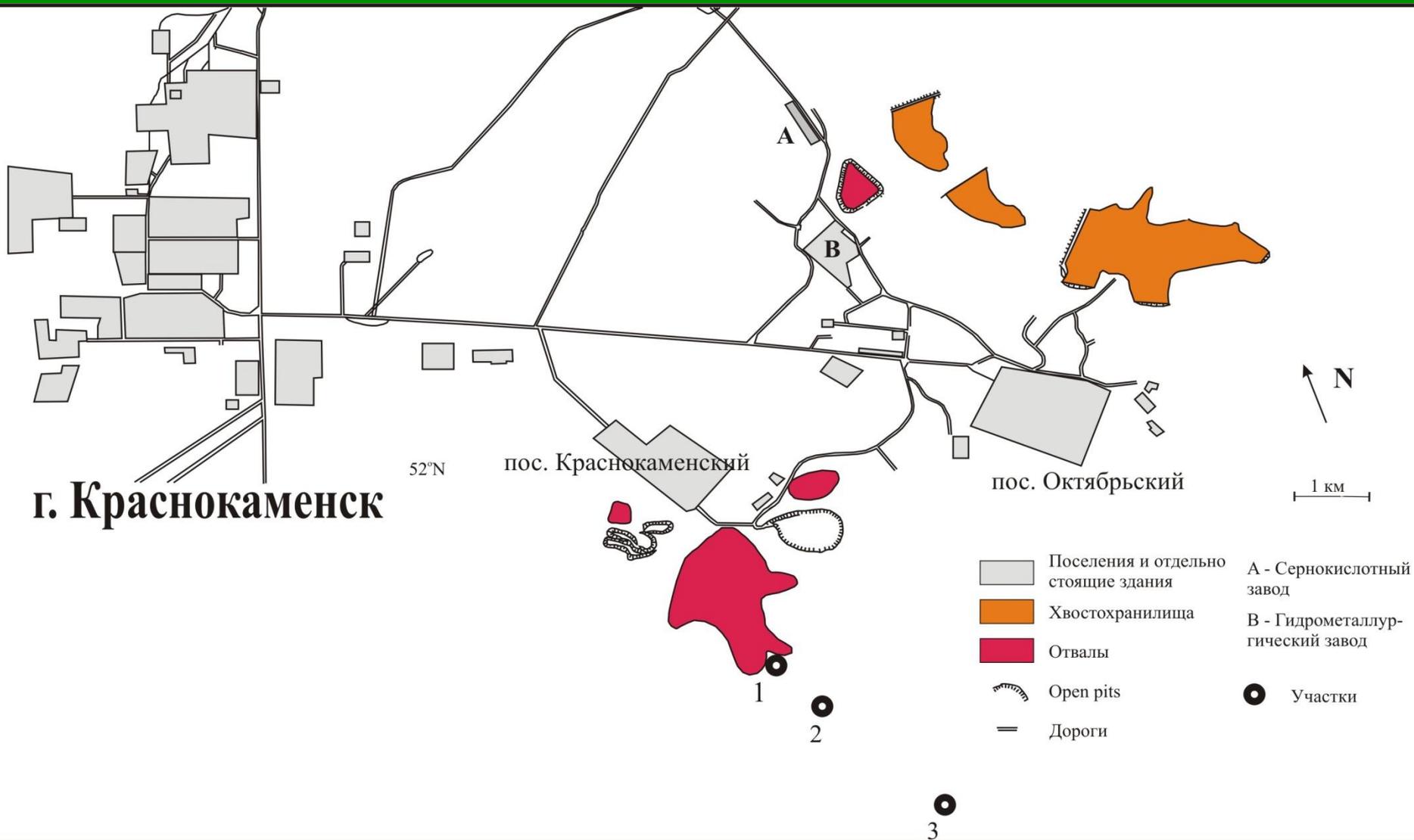
## Пищевая активность



## Содержание обменного свинца

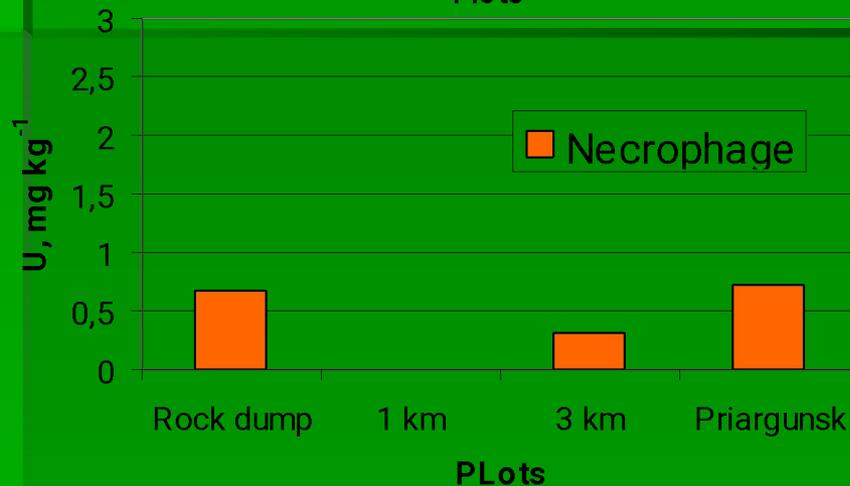
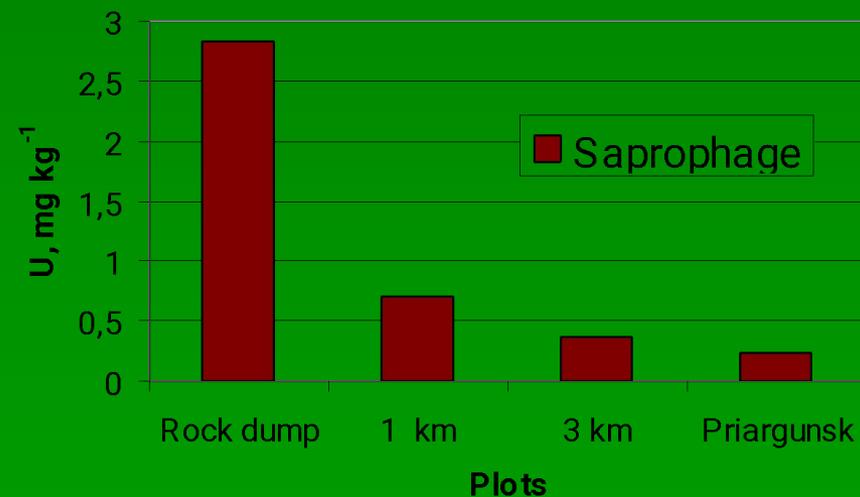
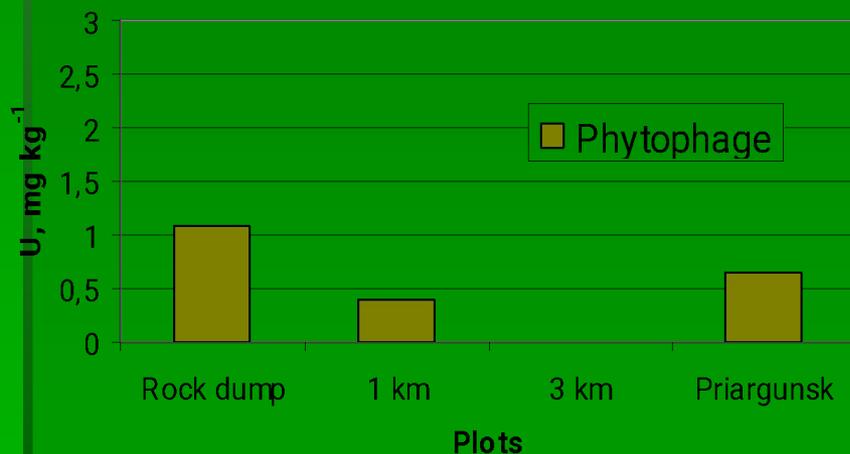


# Уран / Краснокаменск



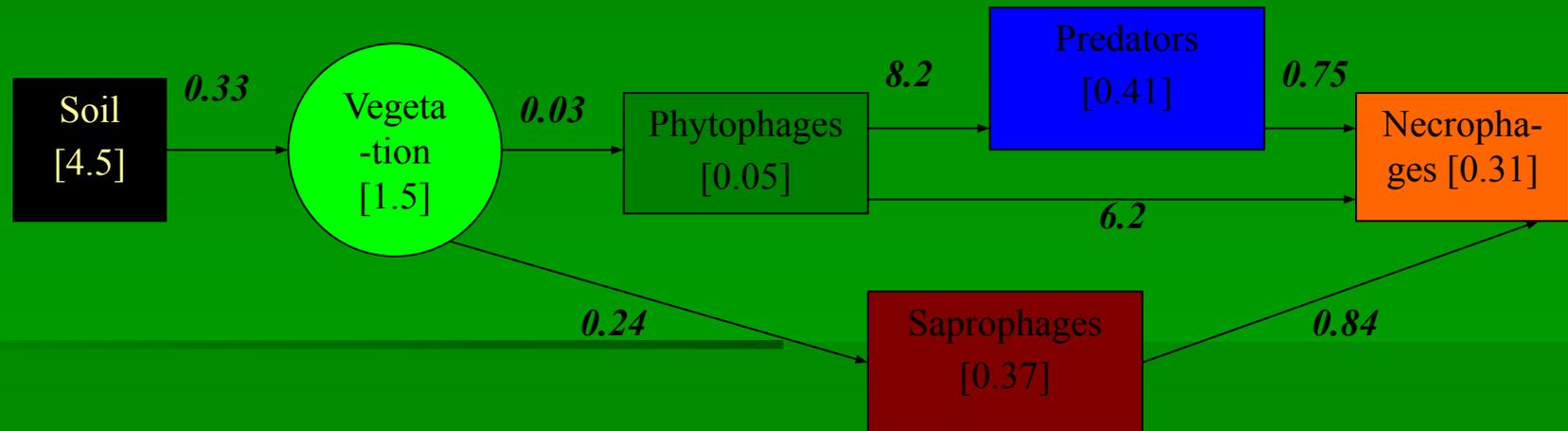
# Уран / Краснокаменск

Накопление урана разными трофическими группами насекомых



# Уран / Краснокаменск

Миграция урана через детритную пищевую цепь (контроль)

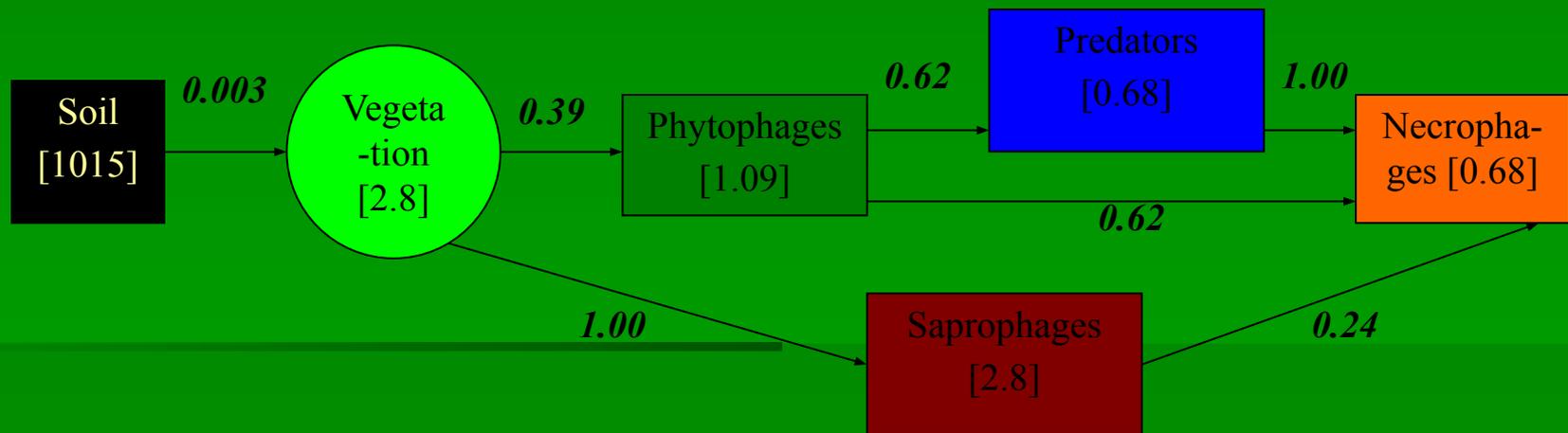


[0] – концентрация U в субстрате,  $\text{mg kg}^{-1}$

$\theta$  – коэффициент биоаккумуляции

# Уран / Краснокаменск

Миграция урана через детритную пищевую цепь (отвал)



[0] – концентрация U в субстрате, mg kg<sup>-1</sup>

θ – коэффициент биоаккумуляции

# Литература

N.M. van Straalen & D. A. Krivolutsky (eds). **Bioindicator Systems for Soil Pollution**. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. 1996.

Криволуцкий Д.А. **Почвенная фауна в экологическом контроле**. М: Наука. 1994

**Биоиндикация радиоактивных загрязнений**. М: Наука. 1999