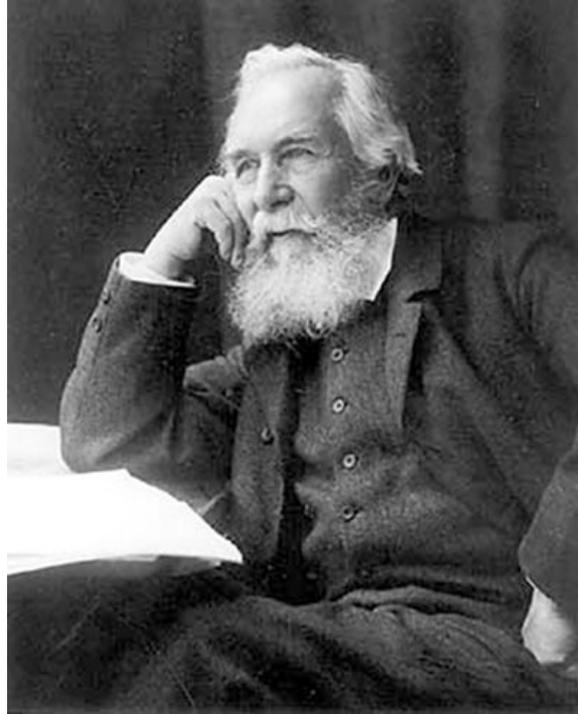


# Экологический мониторинг окружающей среды





- **Эколоѓия** (от др.-греч. οἶκος — обиталище, жилище, дом, имущество и λόγος — понятие, учение, наука) — наука о взаимодействиях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой.
- Термин впервые предложил немецкий биолог **Эрнст Геккель** в 1866 году в книге «Общая морфология организмов» («Generelle Morphologie der Organismen»).
- **Объекты исследования экологии** — в основном, системы выше уровня отдельных организмов: популяции, биоценозы, экосистемы, а также вся биосфера. Предмет изучения — организация и функционирование таких систем.

- Б. Коммонер (1917 —2012) — американский биолог и эколог сформулировал основные **4 закона ЭКОЛОГИИ**:
  1. Всё связано со всем
  2. Ничто не исчезает в никуда
  3. Природа знает лучше — закон имеет двойной смысл — одновременно призыв сблизиться с природой и призыв крайне осторожно обращаться с природными системами.
  4. Ничто не даётся даром (вольный перевод — в оригинале что-то вроде «Бесплатных обедов не бывает»)





- Главная **задача** прикладной экологии — разработка принципов рационального использования природных ресурсов на основе сформулированных общих закономерностей организации жизни.
- **Методы исследований** в экологии подразделяются на полевые, экспериментальные и методы моделирования.
- Полевые методы представляют собой наблюдения за функционированием организмов в их естественной среде обитания.
- Экспериментальные методы включают в себя варьирование различных факторов, влияющих на организмы, по выработанной программе в стационарных лабораторных условиях.
- Методы моделирования позволяют прогнозировать развитие различных процессов взаимодействия живых систем между собой и с окружающей их средой.

*Под «экологическим качеством» среды обитания человека понимают интегральную характеристику природной среды, обеспечивающую сохранение здоровья и комфортное проживание человека*

- Современный лик Земли и состав основных сред обитания живых организмов – почвы, воздуха, воды – созданы и поддерживаются благодаря жизнедеятельности и взаимодействию мириадом живых существ.
- Искусственно создать среду обитания для человека не удастся. Только биота (совокупность разнообразных живых организмов) поддерживает и регулирует качество среды – параметры, необходимые для жизни (температуру, влажность, солевой состав, соотношение газов в атмосфере, климат).
- Сейчас науке известны не менее 7 млн. биологических видов, и ученые считают, что эта цифра составляет только часть от реально существующего разнообразия обитателей Земли.



# Среда обитания

- Понятие «**качество среды**» подразумевает сохранение экологического равновесия в природе (относительной устойчивости видового состава экосистем и состава сред жизни), которое обеспечивает сохранение биоразнообразия и здоровье человека.
- Под **средой обитания** подразумевается совокупность естественных и искусственных биологических, физических, химических и социальных факторов, способных оказывать прямое или косвенное влияние на состояние биотической и абиотической компонентов биосферы и на человека.
- Окружающая среда образует три взаимосвязанных компонента.
- 1. Естественная природная среда, в том числе ее абиотическая компонента (литосфера, атмосфера, педосфера, гидросфера).
- 2. Агросфера – преобразованная человеком квазиприродная среда.
- 3. Техносфера – искусственная окружающая среда, или артеприрода

# Выделяют следующие виды воздействий:

- Воздействия, вызванные социально-экономическим использованием экологических систем – добыча полезных ископаемых, заготовка древесины, промышленный промысел, сельскохозяйственная деятельность, строительство жилища, гидроэлектростанций, водохранилищ, трансформация естественных экосистем в рекреационные зоны и др.
- Воздействия, приводящие к загрязнению природной среды:
  - **Химическое загрязнение**, когда загрязняющим фактором является какое-либо вещество или комбинация веществ. Такой тип воздействия является наиболее распространенным в настоящее время, что позволило выделить изучение влияния химических веществ и их комбинаций на биологические системы в отдельную дисциплину экологии – экологическую токсикологию. Кроме стабильных элементов, экологическая токсикология рассматривает и действие на биологические системы различных изотопов, в том числе радиоактивных. Этот раздел экологической токсикологии получил название радиоэкология.
  - **Физическое загрязнение** – электромагнитные излучения, повышение температуры, шумы и др.
  - **Биологическое загрязнение** – бактериальное, введение в экологические системы растений и животных из других, принципиально отличающихся биоценозов (например, завоз кроликов, собак и овец в Австралию), введение в экосистемы генетически модифицированных живых организмов и др.



- При оценке влияния токсических веществ на здоровье человека четко определены критерии патологического состояния биологической системы. В частности, нежелательным, неблагоприятным патологическим состоянием может быть гибель организма, болезнь или развитие тех или иных патологических симптомов или синдромов.
- Среди возможных неблагоприятных эффектов токсического воздействия химических веществ на здоровье человека можно выделить следующие:
  - Острая токсичность.
  - Раздражение слизистых оболочек (глаза, кожа).
  - Хроническая токсичность.
  - Нейротоксичность.
  - Влияние на репродуктивную функцию.
  - Влияние на развитие организма.
  - Мутагенное действие.

- Рабочим инструментом оценки воздействия и характеристики биоценотических эффектов является экологический мониторинг.
- **Экологический мониторинг** включает в себя обследование абиотических компонентов экосистемы и оценку состояния биоценоза. При этом для оценки абиотической составляющей экологический мониторинг использует следующие методологические подходы: химические исследования (атомно-абсорбционная спектроскопия, газовая хроматография, радиохимия и др.), физические методы исследования (определение давления, скорости ветра, влажности, температуры, напряженности электромагнитного поля, уровней гамма-поля и др.), геологические, метеорологические, гидрологические и др.
- А основным инструментом для оценки биотической составляющей экосистемы является **биологический мониторинг**.



# Экологический мониторинг и его назначение

- **Экологический мониторинг - это система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, дающая информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза в будущем параметров окружающей среды, имеющих значение для человека.**
- **Сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником информации, необходимой для принятия экологически значимых решений.**

# Мониторинг

Мониторинг источников воздействия	<b>Источники воздействия</b>			
Мониторинг факторов воздействия	<b>Факторы воздействия</b>			
	Физические	Биологические	Химические	
Мониторинг состояния биосферы	<b>Природные среды</b>			
	Атмосфера	Океан	Поверхность суши с реками и озерами, подземные воды	Биота
	Геофизический мониторинг			Биологический мониторинг

- **Предельно допустимая концентрация (ПДК)** — утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив. Под ПДК понимается такая концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений

**Уровни ПДК одного и того же вещества различны для разных объектов внешней среды.**

**В России.**

**Для воздушной среды** .Для атмосферного воздуха населённых мест и закрытых помещений СанПиН 2.1.6.1032-01

ПДК<sub>сс</sub> — среднесуточное,

ПДК<sub>мр</sub> — максимально-разовое,

Для воздуха рабочей зоны ГОСТ 12.1.005-88

ПДК<sub>мр.рз</sub> — максимальное разовое в рабочей зоне,

ПДК<sub>сс.рс</sub> — среднесменная в рабочей зоне,

**Для водной среды**

ПДК<sub>в1</sub> — водных объектов 1-й категории водопользования,

ПДК<sub>в2</sub> — водных объектов 2-й категории водопользования,

ПДК<sub>рыбхоз</sub> - для водоёмов рыбохозяйственного назначения (см. нормативы 2010 года),

Классы загрязнённости воды определяются исходя из частоты и кратности превышения

ПДК по набору показателей

**Для почвы**

ПДК<sub>п</sub>.

**Для продуктов питания**

ПДК<sub>пп</sub>

**Максимально-разовое значение ПДК устанавливается для предотвращения рефлекторных реакций человека при кратковременном действии примесей.**

**Среднесуточное значение ПДК устанавливается для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и sensibilizing действия вещества на организм человека.**

- Значения ПДК включены в ГОСТы, санитарные нормы и другие нормативные документы, обязательные для исполнения на всей территории государства; их учитывают при проектировании технологических процессов, оборудования, очистных устройств и пр.
- Санитарно-эпидемиологическая служба в порядке санитарного надзора систематически контролирует соблюдение нормативов ПДК в воде водоёмов хозяйственно-питьевого водопользования, в атмосферном воздухе и в воздухе производственных помещений; контроль за состоянием водоёмов рыбопромыслового

- Для установления ПДК используют расчётные методы, результаты биологических экспериментов, а также материалы динамических наблюдений за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию вредных веществ.
- В последнее время широко используются методы компьютерного моделирования, предсказания биологической активности новых веществ, биотестирование на различных объектах.

- Время расцвета концепции «предельно-допустимых величин» приходится на середину XX века. ПДК устанавливались из расчёта, что существует некое **предельное значение вредного фактора, ниже которого пребывание в данной зоне (или, например, использование продукта) совершенно безопасно.**
- Поэтому значения ПДК, устанавливаемые на основании **экспериментальных** данных о токсичности и иных привходящих обстоятельствах, не одинаковы в разных странах и периодически

- **Физические и химические** методы дают качественные и количественные характеристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии.
- **Биомониторинг**, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы с биологическими.
- Актуальность биомониторинга обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Во многих случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания, а широкое использование методов биомониторинга предприятиями позволит более оперативно и достоверно оценивать качество окружающей среды и в комплексе с другими инструментальными методами стать существенным звеном в системе экологического мониторинга.

# Биомониторинг

- может осуществляться на всех уровнях организации живого: биологических макромолекул, клеток, тканей и органов, организмов, популяций (пространственная группировка особей одного вида), сообществ, экосистем и биосферы в целом.
- На низших уровнях биомониторинга возможны прямые и специфические формы, на высших – лишь косвенные и неспецифические.
- Однако именно последние дают комплексную оценку влияния

# Цели мониторинга

- **Задачи:**
  1. Наблюдение: За состоянием окружающей среды
  2. Выявление: Наблюдаемых изменений состояния окружающей среды, связанных с деятельностью человека
  3. Анализ Наблюдаемых изменений
  4. Моделирование Изменений экологической ситуации
- 
- **Цели:**
  - Оценка состояния окружающей среды
  - Прогноз Предполагаемых изменений состояния окружающей среды

# Биологический мониторинг

- — часть экологического мониторинга, основанный на наблюдении за реакцией живых организмов на загрязнение окружающей среды.
- Две составляющие – биоиндикация и биотестирование.

- **Биотестирование (*bioassay*)** – это процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов. Для оценки параметров среды используются стандартизованные реакции живых организмов (или отдельных органов, тканей, клеток и молекул).

# Биоиндикация

## ***Биоиндикация (bioindication)***

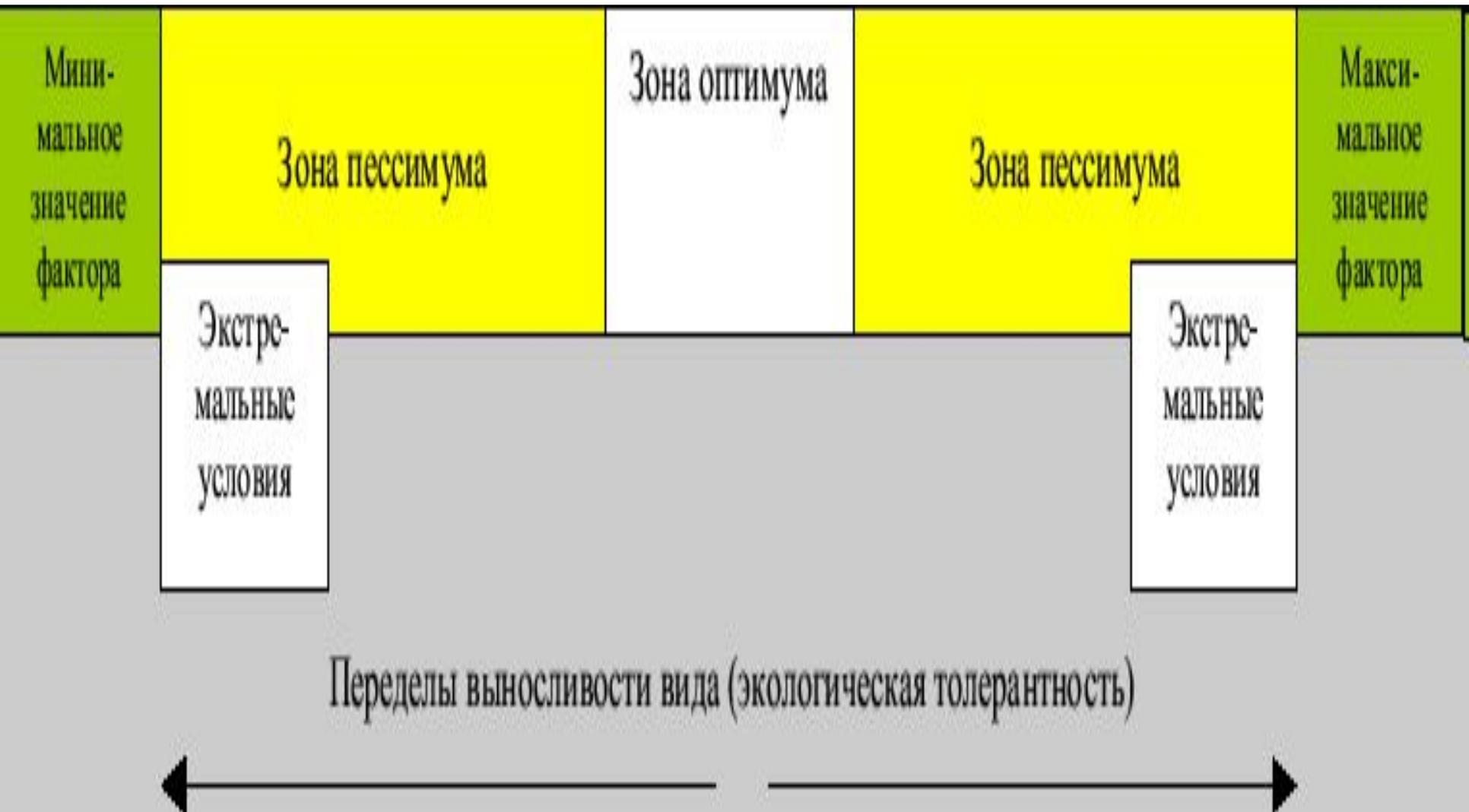
- – это обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания.
- Биоиндикацию часто путают с биотестированием. Но при биоиндикации организмы извлекаются из природы и по их состоянию оценивают степень загрязнения, при биотестировании качество воды, почвы оценивается посредством лабораторных объектов (животных, растительных, одноклеточных), помещённых в тестируемую среду уже в лаборатории.

# Биоиндикаторы – (от био... и лат.*indico* – указываю, определяю)

- Организмы, присутствие, количество или особенности развития которых, служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания.
- Любой фактор, если он выходит за пределы «зоны комфорта» для данного организма, является стрессовым. В этом случае организм реагирует ответной реакцией различной интенсивности и длительности, проявление которой зависит от вида и является показателем его индикаторной ценности. Именно ответную реакцию определяют методы биоиндикации.
- Состояние организма, его численность, структура популяции отражает благоприятность состояния окружающей среды. Такие организмы, жизненные функции которых тесно скоррелированы с отдельными факторами среды называются биоиндикаторами

# Экологический фактор

- Результаты действия переменного фактора зависят прежде всего от силы его проявления, или дозировки. Недостаточное либо избыточное их действие сказывается на организмах отрицательно.
- **Зона оптимума** — это тот диапазон действия фактора, который наиболее благоприятен для жизнедеятельности. Отклонения от оптимума определяют зоны пессимума. В них организмы испытывают угнетение. Чем сильнее отклонение от оптимума, тем больше выражено угнетающее действие данного фактора на организмы (**зона пессимума**).
- **Закон оптимума универсален**. Он определяет границы условий, в которых возможно существование видов, а также меру изменчивости этих условий. Виды чрезвычайно разнообразны по способности переносить изменения факторов.
- В природе выделяются два крайних варианта — узкая специализация и широкая выносливость.
- У специализированных видов критические точки значения фактора сильно сближены, такие виды могут жить только в относительно постоянных условиях. Виды с узким диапазоном выносливости называют **стенобионтами**.
- Виды с широким диапазоном выносливости называют— **эврибионтами**.



# Биоиндексация

- В ходе онтогенетического и филогенетического развития любой организм в отношении любого фактора обладает **генетически** детерминированным и **филогенетически** приобретённым, уникальным физиологическим диапазоном толерантности, в пределах которого данный фактор не оказывает существенного влияния на жизнедеятельность организма, является переносимым. м.
- В случае низкой или высокой интенсивности силы фактора организм находится в зонах физиологического пессимума, когда силы воздействия находится за максимальными или минимальными пределами для конкретного организма — наступает угнетение жизнедеятельности организма и организм погибает. Данный диапазон неодинаков как для различных особей популяции (но колеблется в пределах определённых для вида) и неодинаков в разные стадии жизненного цикла организма, а также в случае когда значение интенсивности других факторов находятся либо в зоне пессимума или угнетения.

# Реакція організму



# Виды биоиндикаторов

- ◆ ботанические;
- ◆ зоологические;
- ◆ микробиологические;
- ◆ биохимические



# Биоиндикационный метод позволяет:

- ◆ Обеспечить постоянную оценку экологических условий и выявить текущее состояние среды обитания человека.
- ◆ Установить причины негативного воздействия на природные среды, природные объекты, и предсказать ущерб.
- ◆ Сделать прогноз изменения состояния экологической обстановки на ближайшую и отдаленную перспективу



- ◆ Для биоиндикации используются растения и животные. Они обладают различной устойчивостью к антропогенным воздействиям. Растения служат хорошим показателем изменения окружающей среды антропогенными загрязнениями. А животные в свою очередь интересны как объект, физиологически близкий человеку. По их реакциям можно предвидеть последствия загрязнения не только для природы, но и для человека. Микробы, наиболее быстро реагирующие биоиндикаторы и по этому лучше всего подходят для санитарно-медицинских экспериментов.



# Существует две формы биоиндикации:

- когда одинаковые реакции организма могут быть вызваны различными факторами среды (в том числе и антропогенного происхождения) — тогда речь идёт о неспецифической биоиндикации;
- когда изменения реакции чётко связаны с изменением конкретного фактора — специфическая биоиндикация.

# Применение в эпидемиологии и санитарии

- Оценка угрозы инфекционных заболеваний достигается при мониторинге загрязнения водоемов сточными водами. Именно канализационные стоки могут содержать патогенные микроорганизмы — основной источник инфекций, передаваемых через воду. Поскольку патогенных микроорганизмов много, каждый выявлять трудоемко и нецелесообразно, разработан тест на кишечную палочку (*Escherichia coli*). Эта бактерия обитает в огромных количествах в толстой кишке человека и отсутствует во внешней среде. *E.coli* не патогенна и даже необходима человеку, но ее присутствие во внешней среде — индикатор неочищенных канализационных стоков, в которой могут быть и патогенные микробы.

# Применение в экологии

- Биоиндикация — оценка качества среды обитания и её отдельных характеристик по состоянию биоты в природных условиях. Для учёта изменения среды под действием антропогенного фактора составляются списки индикаторных организмов — биоиндикаторов.

# Применение в геологических исследованиях

- Ряд растений-индикаторов определённым видимым образом реагирует на повышенные или пониженные концентрации микро- и макроэлементов в почве. Это явление используется для предварительной оценки почв, определения возможных мест поиска полезных ископаемых.

# Биоиндикация ботаническая

<b>Плодородие почвы</b>	<b>Биоиндикаторы</b>	
	<b>На лугах</b>	<b>в лесах</b>
<b>Очень высокое</b>	Чина луговая, костер безостый, таволга, осока лисья	Малина, крапива, Иван-чай, чистотел, копытень
<b>Умеренное (среднее)</b>	Овсяница луговая, лисохвост луговой, щучка дернистая, купальница, вероника длиннолистная	Майник двулистный, медуница, грушанка, купальница
<b>Низкое</b>	Белоус, ситник нитевидный, душистый колосок, кошачья лапка	Сфагновые мхи, черника, брусника, клюква

# биоиндикация

<b>Почвы</b>	<b>Биоиндикаторы</b>
Кислые (рН меньше 5,0)	Белоус, душистый колос, щавель малый, хвощ, клюква, голубика, сфагнум, вереск, зелёные мхи, сфагнум плаун.
Слабокислые (рН 5,1 – 5,5)	Ромашка непахучая, манжетка, метлица полевая, вейник ланцетный, щучка, лютик едкий, погремок
Нейтральные (рН 5,5 – 7,0)	Лисохвост луговой, цикорий. Овсяница луговая, мятлик луговой, борщевик сибирский, тимофеевка луговая, клевер луговой, сныть европейская, лисохвост луговой, мыльнянка лекарственная
Щелочные (рН больше 7,0)	Бересклет бородавчатый, бузина сибирская, песчанка, мать-и-мачеха, очиток едкий, горчица

## ОЦЕНКА СОЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ПО ЛИСТЬЯМ ЛИПЫ

- ◆ Липа весьма чувствительна к загрязнению почвы солями, попадающими сюда вместе с песком в зимний период. Показателем реакции является краевой хлороз на листьях. Поэтому по величине повреждения листовых пластинок липы можно судить о степени засоления газонов.



## *Фитоиндикация избыточного содержания некоторых химических элементов в почве*

- ◆ Растения могут весьма чувствительно реагировать на избыточное содержание некоторых элементов, в частности, металлов, в почве. При этом может изменяться окраска листовой пластинки, наблюдаются хлорозы и некрозы. Следовательно, оценив состояние растений на той или иной территории, можно сделать некоторые выводы о загрязненности почвы.

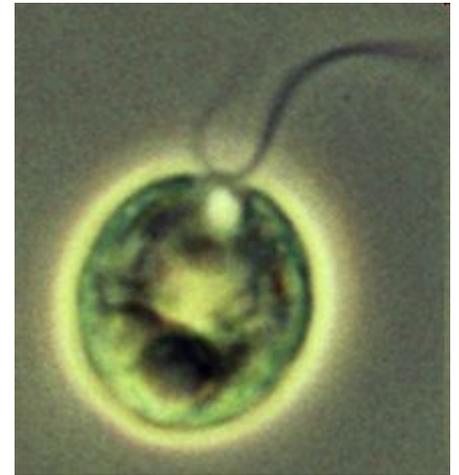
*Таблица 2. Признаки избыточного содержания некоторых микроэлементов в почве*

Элемент	Реакция растения
Цинк	Обесцвечивание и отмирание тканей листа, пожелтение молодых листьев, отмирание верхушечных почек, окрашивание жилок в красный или черный цвет. Первые признаки проявляются на молодых растениях.
Медь	Хлороз молодых листьев. При этом жилки остаются зелеными.
Марганец	Междужилковый хлороз, некроз тканей. Молодые листья искривляются и сморщиваются
Железо	На молодых листьях хлороз между жилками, которые остаются зелеными. Позднее лист становится беловатым или желтым.

# Обитатели чистых вод: ручейник, улотрикс, двустворчатые моллюски



# Обитатели грязных вод: пиявки, мотыль, цианобактерии

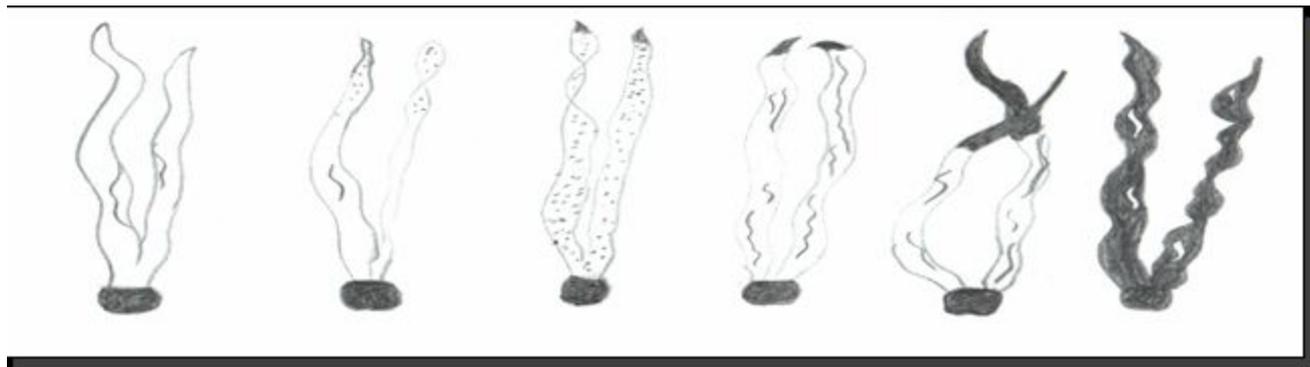


Методика основана на выявлении, учете и сравнительном анализе асимметрии у разных видов ивых организмов по определенным признакам.



Рис. Определение величины флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических структур листа березы повислой (*Betula pendula*)  
1- ширина левой и правой половинок листа. 2 - длина жилки второго порядка, второй от основания листа. 3 - расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка. 4 - расстояние между концами этих же жилок. 5 - угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

# Биоиндикация загрязнения воздуха по комплексу признаков сосны обыкновенной



- Повреждения (1а — 3а): 1а — хвоинки без пятен; 2а — с небольшим числом мелких пятнышек; 3а — с большим числом черных и желтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки.
- Усыхание (1б — 4б); 1б — нет сухих участков; 2б — кончик на 2 — 5 мм усох;
- 3б — усохла треть хвоинки; 4б — вся хвоинка желтая или более половины ее длины





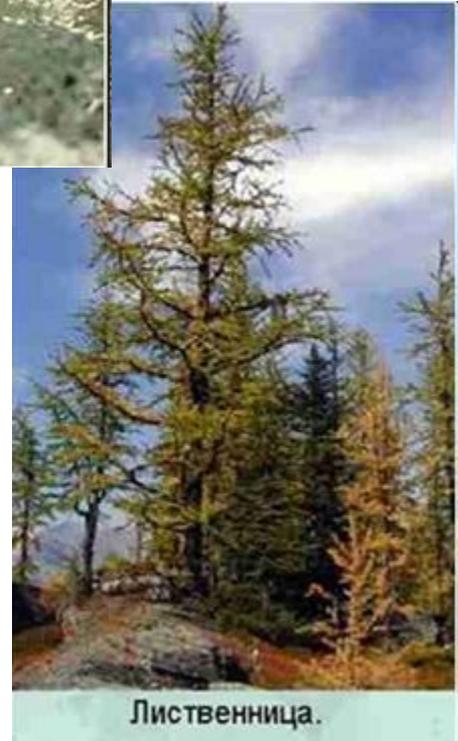




# Индикаторы загрязнения воздуха



Разнообразие мхов.



Лиственница.















# Что есть почва?

**М.В. Ломоносов в своем трактате «О слоях земных» ставит вопрос: «Что есть почва?».**

**Почва – это особое природное тело, образующееся на поверхности Земли и обладающее уникальным свойством – плодородием, т.е. способностью обеспечивать рост растений, давать им питание.**

# Факторы, влияющие на состояние почвы

