

# Биоиндикация на разных уровнях организации живого

## Низшие уровни:

- субклеточный (биол. макромолекулы)
- клеточный
- тканей и органов

## Организменный

## Высшие уровни:

- популяционно-видовой
- биоценотический (экол. сообществ)
- экосистемный
- биосферный

# Клеточный и субклеточный уровни

## Достоинства:

- а) высокая чувствительность к нарушениям
- б) возможность раннего выявления нарушений среды

## Недостатки:

биоиндикаторы-клетки и молекулы требуют сложной аппаратуры

# Для биоиндикации используют:

1. Изменение концентрации и активности биологических макромолекул
2. Нарушение состава хим. элементов и накопление вредных веществ (ксенобиотиков)
3. Генетические нарушения
4. Изменение морфологии клеток и органелл
5. Нарушение физиологических процессов в клетке

# 1. Изменение концентрации и активности биологических макромолекул

## а) Белки

- При разных видах загрязнения в клетках уменьшается концентрация растворимых белков (тест на помутнение)
- Нарушение работы ферментов

Вместо С-Ф: (С – субстрат, Ф – фермент, И – ингибитор)

С и Ф

И-Ф

И-С-Ф

В итоге нарушаются различные процессы, например, ассимиляция углекислого газа в процессе фотосинтеза дыхание (СО легче присоединяется к гемоглобину, чем  $O_2$ ).

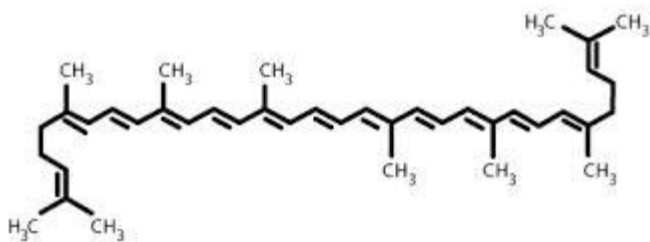
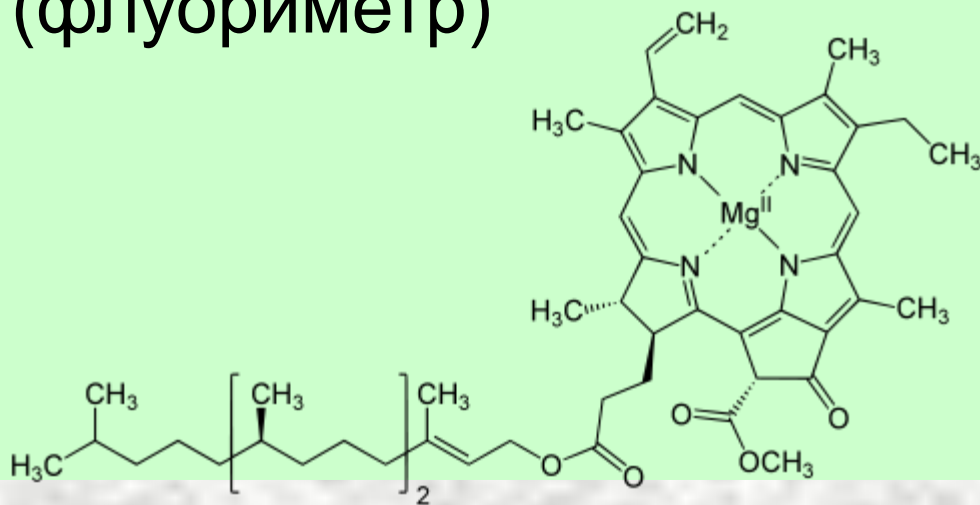
- Конкурентные ингибиторы, как правило, имеют структурное сходство с субстратами и поэтому широко используются при исследовании механизма действия различных ферментов. Классическим примером конкурентного торможения служит ингибирование сукцинатдегидрогеназы малонатом.
- Цикл Кребса был открыт на животных объектах. Существование его у растений впервые доказал английский исследователь А. Чибнелл (1939). В растительных тканях содержатся все кислоты, участвующие в цикле обнаружены все ферменты, катализирующие превращение этих кислот показано, что малонат — ингибитор сукцинатдегидрогеназы — тормозит окисление пирувата и резко снижает поглощение  $O_2$  в процессах дыхания у растений.

- б) Синтез защитных веществ в клетке. Их концентрация растет при действии стрессоров.**
- Пролин и аланин – аминокислоты – индикаторы стресса
  - Пероксидаза – обезвреживает токсичные перекиси. Выявляется гель-электрофорезом.

## в) Пигменты

Хлорофилл (изменения фиксируют с помощью хроматографии и спектро-фотометрии)

- разрушается (падает концентрация)
- замедляется флуоресценция хлорофилла (флуориметр)



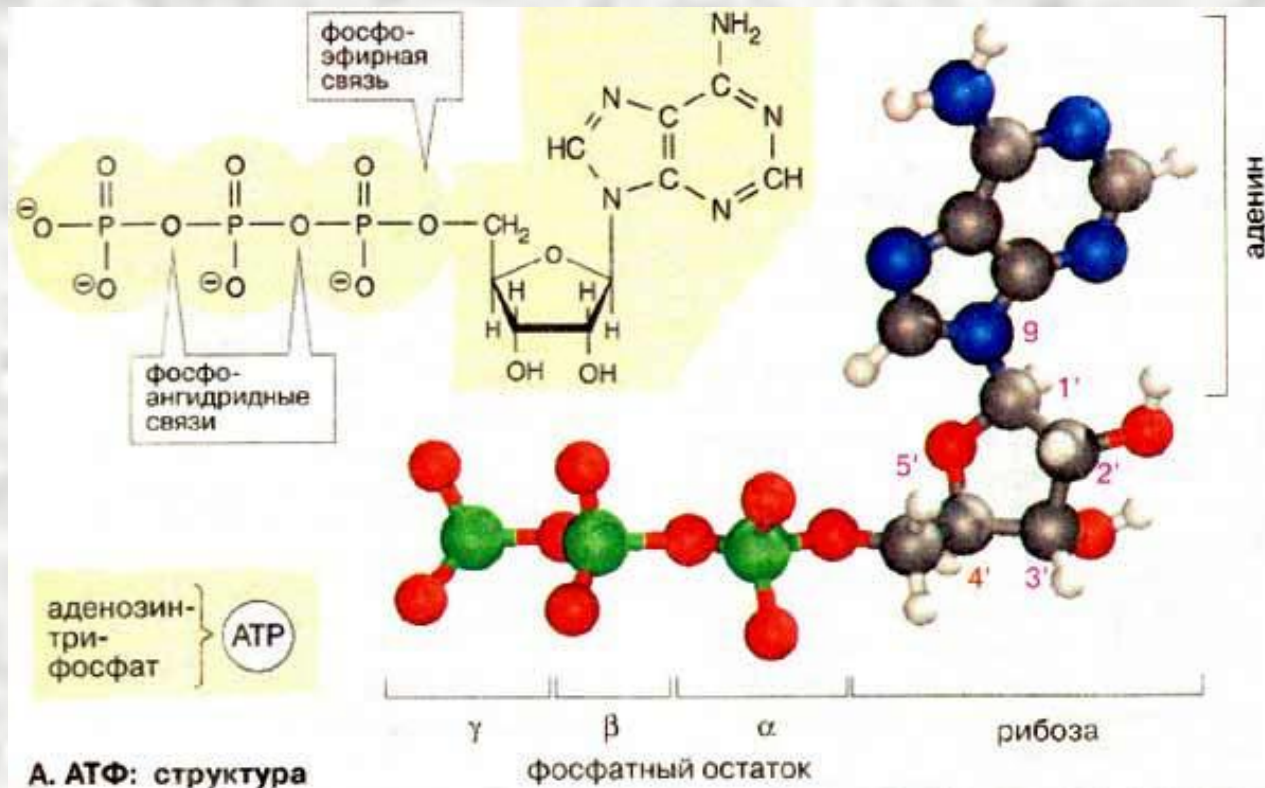
## Каротиноиды

Концентрация растет в тканях водных организмов (моллюски и др.)

## г) АТФ

Показатель жизнеспособности клетки –  
«энергетический заряд» ЭЗ

$$\text{ЭЗ} = (\text{АТФ} + 0,5 \text{ АДФ}) / (\text{АТФ} + \text{АДФ} + \text{АМФ})$$



А. АТФ: структура

фосфатный остаток



## 2. Нарушение состава химических элементов и накопление вредных веществ (ксенобиотиков)

### **Нарушение состава:**

В зонах техногенного загрязнения в растениях резко снижаются соотношения элементов:

K/Na,

Ca/Si,

P/Al

## Примеры накопления ксенобиотиков:

- Накопление ртути в перьях птиц: за период 1940-80 гг. конц-ия Hg возросла в 10-20 раз, по сравнению с данными за предыдущие 100 лет.
- Накопление свинца в растениях вблизи дорог с интенсивным автомобильным движением
- Лишайники накапливают Cu, Pb, Cd и др.

# Биоиндикационный индекс токсических остатков - $\beta$

$$\beta = (\text{конц. поллютантов в организме} / \text{LBC}) * 100\%$$

LBC - внутренняя летальная концентрация, аналог  $\text{LD}_{50}$ , используемой при внешнем воздействии факторов.

$\beta > 10\%$  - индикатор серьезного риска,

$\beta < 1\%$  - незначительный риск

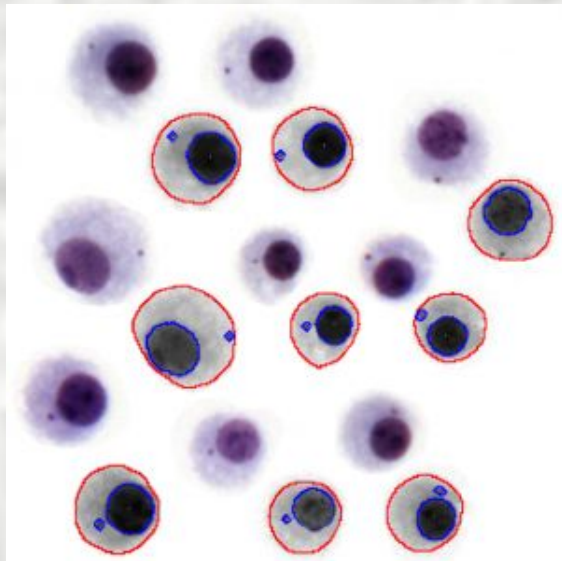
# 3. Генетические нарушения

- Летальные мутации:

*Пример:* Их число возрастает на порядок в популяциях мышей из загрязненных районов.

- Микроядерный тест - повышение числа микроядер

*Пример:* в клетках костного мозга мышевидных грызунов в зоне Чернобыльской АЭС через 3-5 лет после аварии.



## **Микроядро —**

в цитологии фрагмент ядра в эукариотической клетке, не содержащий полного генома, необходимого для её выживания. Является патологической структурой и может наблюдаться в клетках любых тканей. Обычно микроядра образуются в результате неправильного хода клеточного деления или фрагментации ядра в процессе апоптоза.

# 3. Генетические нарушения

- Соматические мутации:

*Пример:* Частота хромосомных мутаций возрастает почти в 100 раз в эпителии роговицы глаза грачей в сильно загрязненных районах

- Генотоксический эффект:

*Пример:* "Талидомидная катастрофа" - ФРГ 60-ые гг. 20 в.



# ВПР – врожденные пороки развития

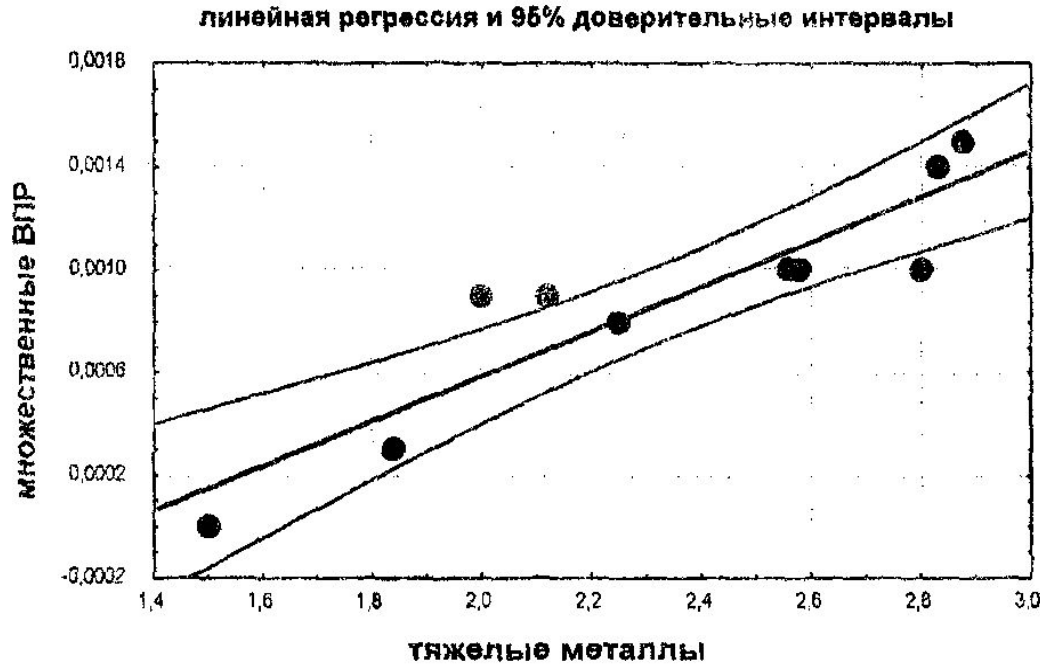


Рис. 3. Зависимость между частотами множественных пороков развития новорожденных и концентрацией солей тяжелых металлов в почве муниципальных районов города Москвы.

- Риск рождения ребенка с ВПР, несовместимыми с жизнью оказался в 8 раз выше в наиболее загрязненных районах Москвы

«Сторожевые» или «индикаторные» фенотипы: синдром Дауна, анэнцефалия, множественные ВПР, расщелины губы и неба, дефекты конечностей

# Болезнь Дауна



Характерна поперечна складка на долоні  
([www.medword.net/syndrome\\_down.htm](http://www.medword.net/syndrome_down.htm))



Нераспознанные

Объект исследования: пуповинная кровь плода  
Кариотип плода: 47,XX,+21( синдром Дауна)  
Рекомендовано медико-генетическое консультирование.

# 4. Изменение морфологии клеток и органелл

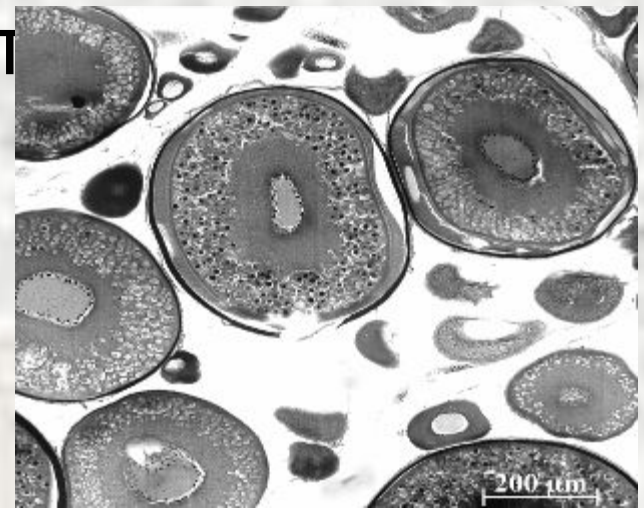
## Клетки- изменение:

- размеров
- формы

## Органеллы:

- деформация и разрушение митохондрий и хлоропласт

Отслоение оболочек ооцитов у рыб





# 5. Нарушение физиологических процессов в клетке

## а) Рост проницаемости мембран клеток (растения)

- сернистый газ -  $SO_2$
- озон –  $O_3$  и другие окислители

Усиливается выход ионов (особенно калия) из клетки.

Биоиндикация нарушений мембран: измерение электропроводности дистиллированной воды после 2-4 часового пребывания в ней высушенных высушек из листьев.

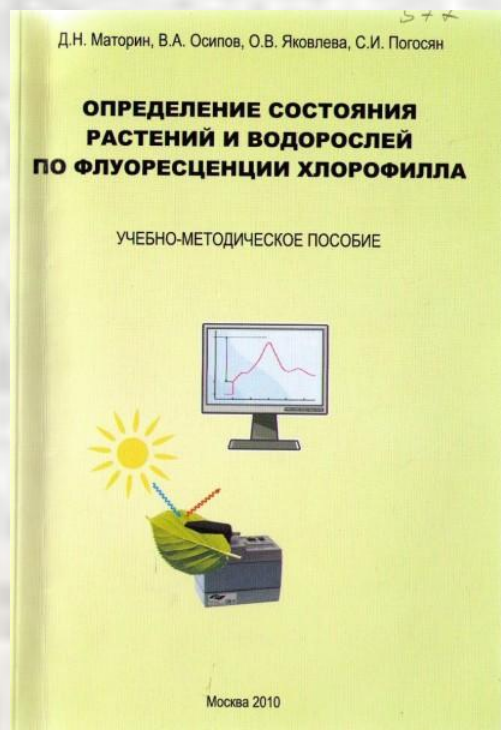
## б) Фотосинтез

Механизм - нарушение ассимиляции  $\text{CO}_2$ .  
 $\text{SO}_2$  связывается с активным центром ключевого фермента фотосинтеза (рибулозодифосфаткарбоксилазы) вместо  $\text{CO}_2$  и тормозит фиксацию  $\text{CO}_2$  в цикле Кальвина.

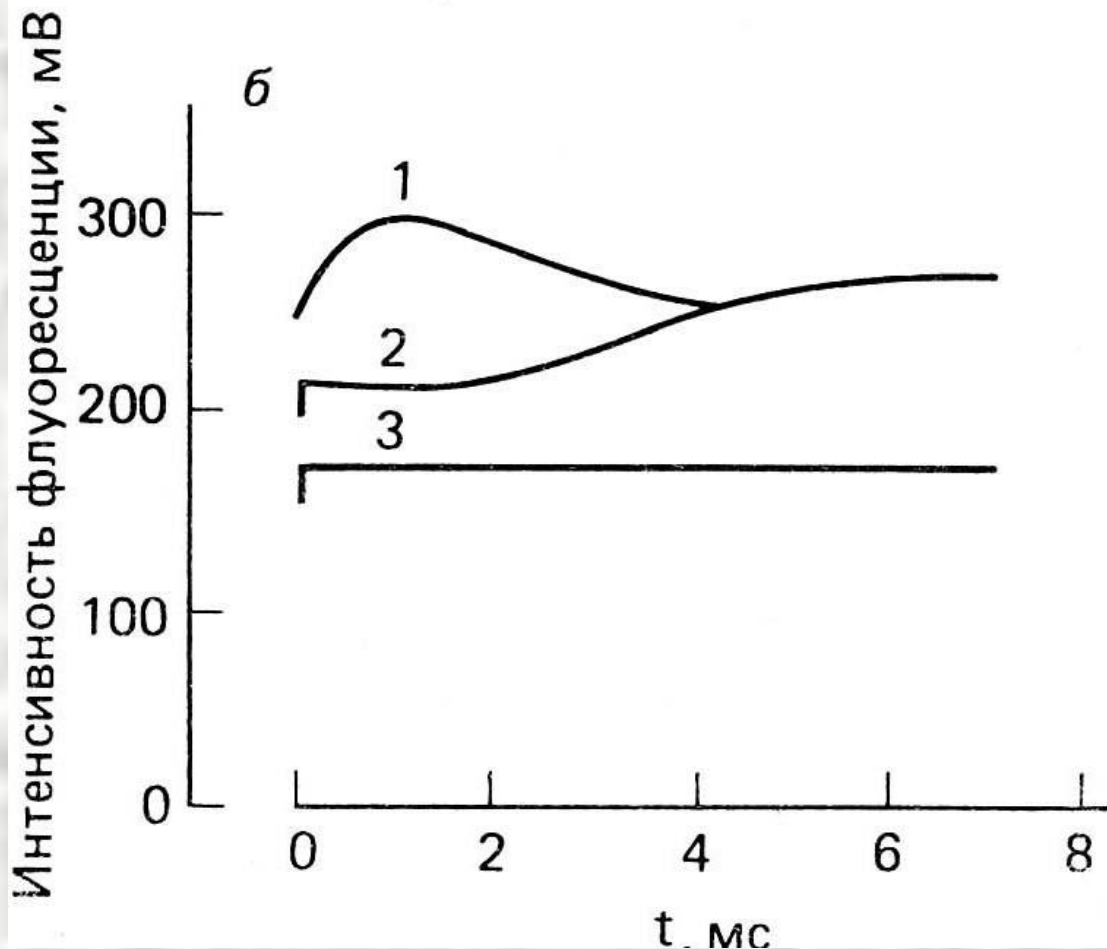
## Биоиндикация нарушений фотосинтеза:

- по спаду поглощения  $\text{CO}_2$  или выделения  $\text{O}_2$
- по флуоресценции хлорофилла.

В полевых условиях используют прибор флуориметр или люминометрический анализатор – это прибор, который позволяет определять концентрацию вещества по уровню возбуждаемого в них свечения.



Хлорофилл обладает способностью к флуоресценции, т.е. свечению под действием освещения.



**Замедленная флуоресценция - сначала активируется, затем подавляется до 2-13%; от контроля при критическом загрязнении**

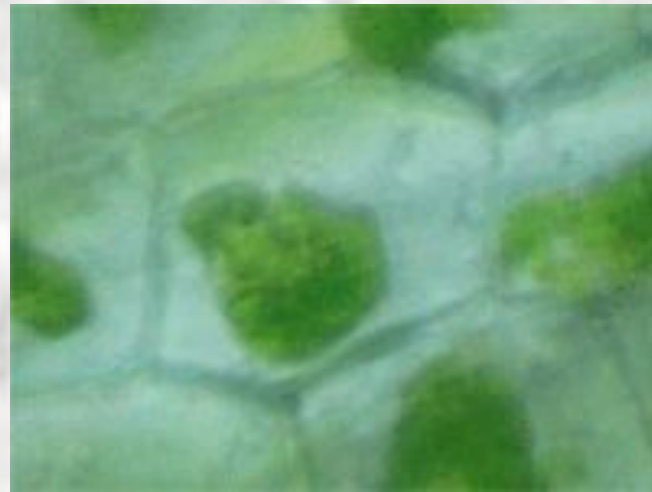
Флуоресценция листа мха мниума:  
1 - контроль, 2 и 3 - окуривание SO<sub>2</sub>

в) Дыхание

$SO_2$  и др. кислые газы у растений вызывают сначала активацию, затем

г) Плазмолиз

В клетках растений под действием кислот и  $SO_2$  цитоплазма отслаивается от клеточной стенки.



#### д) Нарушение водного баланса

Снижение содержания воды в листьях. Обусловлено разрушением мембран. В лабораторных условиях оценивают водоудерживающую способность листьев.

#### е) Биофизические процессы

Изменение электросопротивления тканей. Под влиянием промышленных выбросов увеличивается. Устанавливают с помощью твердых игольчатых электродов.

#### ж) Апоптоз

Саморазрушение клеток возрастает в стрессовой ситуации.

Универсальный количественный показатель апоптоза - содержание низкомолекулярной ДНК (у людей в плазме крови).

# Заключение

Биоиндикация на уровне клетки:

- обычно ранняя, специфичная, прямая;
- требует приборов, но не всегда сложных;
- разработано много конкретных методик по физиологическим, биохимическим и генетическим показателям.