



# **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ**



Для оценки современных и перспективных систем земледелия, практических мер по управлению агроэкосистемами категория «устойчивости экосистемы» имеет основополагающее значение.



В настоящее время понятия «устойчивость почв» и «устойчивость биологических систем» пока не получили четкого общепринятого определения.

Это связано со сложностью объектов исследования - почв и природных ландшафтов.



Применительно к агроэкосистемам понятие «устойчивость» можно обозначить как свойство системы сохранять и поддерживать значения своих параметров и структуры в пространстве и времени, качественно не меняя характер функционирования.

**Параметрами устойчивости агроэкосистемы являются:**

- функции, режимы и свойства почвы;
- структура, организация, и продуктивность агрофитоценоза;
- структура и организация микробного сообщества;
- интенсивность и сбалансированность биогеохимического круговорота;
- потоки информации.

В отличие от устойчивости «стабильность» – это способность системы возвращаться в прежнюю область устойчивого равновесия после временного воздействия природного или антропогенного фактора.

Среди параметров, ответственных за устойчивость и стабильность, первостепенное значение имеет величина продуктивности агрофитоценоза, снижение которой ниже заданного уровня говорит о переходе агроэкосистемы в неустойчивую область. Стабильная же - если ее ежегодная продуктивность не опускается ниже заданного уровня за определенный длительный промежуток времени, то есть устойчивость в среднем за ряд лет.



# Характеристика основных принципов стабильности существования агробиогеоценозов

Определяющее значение для обеспечения высокого уровня продуктивности агробиогеоценозов и стабильности их существования имеют следующие принципы:

- принцип видового разнообразия;
- принцип агробиогеоценотического баланса;
- принцип экологического соответствия уровня энергетических субсидий природным условиям.

# ПРИНЦИП ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Устойчивость продукционного процесса системы при колебаниях климатических факторов в разные годы обеспечивает разнообразие ее состава.

При этом выделяют ряд закономерностей:

- чем разнообразнее условия биотопов в пределах экосистемы, тем больше видов содержит биогеоценоз;
- чем выше плотность особей в популяции, тем меньше видов в экосистеме как следствие возрастания межвидовой конкуренции, проявляющейся наряду с внутривидовой;
- существует оптимальный уровень разнообразия биотопа, определяемый условиями экотопа.

При этом как снижение разнообразия, так и его чрезмерное возрастание ведут к нарушению равновесия в экосистеме.



В то же время агрофитоценоз – сообщество монодоминантное, односортовое, заселенное особями одного вида.

Действие неблагоприятных факторов одинаково плохо отражается на всех культурных растениях, снижение продуктивности которых нет возможности компенсировать усиленным ростом других.

**Согласно правилу монокультуры Ю. Одума,** *системы, эксплуатируемые для нужд человека, представленные одним видом, равно как и системы монокультур, неустойчивы по своей природе (Ю.Одум, 1975).*





## **Возможности повышения видового разнообразия агроэкосистем:**

- \* разнообразие сообщества культурных растений, в т. ч. за счет сортосмесей и межпопуляционных смесей;
- \* пространственное разнообразие биогеоценоза.

Биологическое разнообразие, обеспечиваемое применением севооборота, способствует повышению устойчивости за счет:

- более равномерного использования биогенных элементов, смягчению дефицита лимитирующих веществ, имеющего место в периоды их максимального поглощения под монокультурами.
- ограничения численности растительноядных насекомых, специализирующихся на определенных видах растений, а также других вредителей и сорных растений.



**Принцип экологического соответствия уровня энергетических субсидий природным условиям определяет необходимость управления энергетическими субсидиями, учитывающего особенности конкретной биологической системы. Несоответствие между ними ведет к снижению окупаемости единицы вложенной энергии и деградации агробιοгеоценоза и ландшафта в целом.**

Так, для получения высоких урожаев необходимо применение минеральных и органических удобрений. Однако для конкретных природных условий существует предел, при котором окупаемость краткосрочных энергетических субсидий урожаем снижается, а затем происходит деградация ландшафта.



Чаще этот процесс происходит одновременно. В связи с этим целесообразно вспомнить закон убывающей отдачи Тюрго-Мальтуса, согласно которому *повышение удельного вложения энергии в агросистему не дает адекватного пропорционального увеличения ее продуктивности (урожайности)* (Реймерс Н.Ф., 1994).





**Принцип агробиогеоценотического баланса**  
в общем виде определяется формулой:

$$E = P + R, \text{ где}$$

$E$  – общее количество энергии, проходящее через биологическую систему;

$P$  – количество энергии, расходуемое биологической системой на создание чистой продуктивности системы;

$R$  – количество энергии, расходуемое на поддержание устойчивого функционирования биологической системы.

*В процессе регулирования функционирования агробиогеоценоза необходимо соблюдение оптимального баланса между этими двумя составляющими баланса.*



Этот принцип – залог стабильности существования и развития агроэкосистем. По сути, это поддержание равновесия между биотическим потенциалом системы (совокупностью всех факторов, способствующих увеличению численности сообщества и его продуктивности) и сопротивлением среды (совокупностью факторов, внешних и внутренних, ограничивающих рост числа особей в системе).

*Энергетические субсидии* - дополнительный поток энергии извне, обеспеченный деятельностью человека и позволяющий восполнить дефицит энергии на поддержание функционирования агробиогеоценоза, который в природных биологических системах обеспечивается внутренними силами экосистемы.



# ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ К АНТРОПОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Оценка устойчивости почв, как компонента агроэкосистемы, необходима в целях прогнозирования и анализа изменяющейся в ходе хозяйственной деятельности человека экологической ситуации, а также для определения допустимой техногенной нагрузки, которая не повлияет на эффективность выполнения почвенным покровом его основных экологических функций.

В комплексе методов оценки устойчивости почв можно выделить два направления:

- а) оценка устойчивости почв к антропогенному воздействию;
- б) оценка степени загрязнения почв.



**Устойчивость** - это способность возвращаться после возмущения в исходное состояние и сохранять производительную способность в социально-экономической системе.

Для почв могут выделяться различные виды устойчивости:

- геохимическая - способность к самоочищению от продуктов загрязнения и снижению их токсичности;
- биологическая - восстановительные и защитные свойства растительности;
- физическая устойчивость литогенной основы (противоэрозионная устойчивость).



# Существует три этапа оценки устойчивости.

## 1) Составление перечня параметров

Данные исследований позволяют сделать заключение об основных свойствах почв, влияющих на скорость деградиционных процессов (содержание и качественный состав гумуса, мощность гумусового горизонта, гранулометрический и минералогический состав, емкость катионного обмена, биологическую активность почв, мощность почвенного профиля, состав и свойства почвообразующей породы, уровень грунтовых вод, количество биомассы и продуктивность растительного сообщества).



## 2) Дифференцированная оценка параметров

На основе данных регрессионного анализа и коэффициентов корреляции свойств почв и показателей интенсивности деградационных процессов выделяются градации варьирования свойств; рассчитывается общее количество баллов, которое присваивается показателю с наибольшим уровнем устойчивости и цена одного балла.

Зачастую ранжирование имеет экспертный характер, т.е. оценка роли показателя в формировании устойчивости почвы основана на субъективном мнении эксперта или группы экспертов, обладающих определенным опытом.



3) Суммирование баллов по отдельным показателям и объединение почв со сходными суммарными показателями устойчивости в типологические группы

После вычисления суммарного балла исследуемую почву относят к определенной группе устойчивости. При этом полученные результаты являются основанием для регулирования уровня антропогенной нагрузки на данную биологическую систему.

На основании суммарной балльной оценки почвы делятся на категории (от крайне неустойчивой до высокоустойчивой).



## 4.2.1. Показатели устойчивости почв к техногенезу

### а) Почвообразующие породы

- фактор, определяющих устойчивость почв к эрозионным процессам, усиливающимся в результате деятельности человека.

Наибольшая устойчивость свойственна почвам, сформированным на породах, имеющих:

- хорошую водопроницаемость;
- высокую степень связности, обусловленную присутствием полуторных окислов и карбонатов;
- определенный гранулометрический состав с преобладанием мелкопылеватой и илистой фракции.

Почвообразующие породы ранжируются на 5 категорий.



# Показатели для оценки устойчивости по почвообразующим породам

Почвообразующая порода	Оценка в баллах	
	в целых	в долях
Моренные, флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески	0	0
Моренные и флювиогляциальные отложения на выровненных территориях и депрессиях; маломощные пески и супеси, подстилаемые тяжелосуглинистой мореной (двучлены); аллювиальные слоистые отложения, торфа	1	0,25
Легкие суглинки, подстилаемые тяжелосуглинистой мореной (двучлены)	2	0,50
Моренные суглинки и глины	3	0,75
Покровные суглинки и глины, карбонатные отложения	4	1,00



## б) Рельеф

Основная характеристика - уклон местности.

При возрастании угла наклона - увеличивается скорость и энергия поверхностного стока (плоскостного и линейного), что ведет к снижению устойчивости почвы.

Показатели рельефа ранжируются на 3 категории.

### **Показатели для оценки устойчивости почв по выраженности рельефа**

Рельеф	Оценка в баллах	
	в целых	в долях
Сильноволнистая территория с уклонами более $10^{\circ}$	0	0
Средневолнистая территория с уклонами $3-10^{\circ}$	1	0,5
Слабоволнистая и выровненная территория с уклонами, не превышающими $3^{\circ}$	2	1,0



### в) Увлажненность

Условия увлажненности сельскохозяйственных территорий ранжируются в зависимости от степени дренированности территории, гранулометрического состава почв и типа севооборота.

Почвы ранжируются на 5 категорий.

Почвы, обеспечивающие наибольшую увлажненность, получают 4 балла – это гидроморфные типы почв: болотные на торфах, аллювиально-луговые, дерново-глеевые и дерново-карбонатные, используемые в сельском хозяйстве в качестве сенокосов).

Подзолы и дерновоподзолистые почвы на песчаных и супесчаных отложениях получают низший балл - 0.



## г) Теплообеспеченность

Почвы хозяйства в целом получают одинаковое количество солнечного излучения, но ряд факторов - увлажненность, мезорельеф и микрорельеф, цвет почвы, гранулометрический состав, - в значительной степени обуславливают вариабельность теплообеспеченности в пределах даже небольшого района.

Условия теплообеспеченности ранжируются на 4 категории.

Почвы тяжелого гранулометрического состава, с высоким содержанием гумуса, со слабовыраженным микрорельефом, южной экспозиции получают 3 балла (1,0). Почвы с меньшей теплообеспеченностью получают в порядке убывания 2 (0,66), 1 (0,33) и 0 (0,00) баллов.

#### д) Запасы гумуса в слое 0-20 см

Высокое содержание гумуса - главный фактор, определяющий оструктуренность почвы, богатство ее элементами питания и оптимальные водно-физические свойства. Гумус обладает способностью удерживать воду и биогенные элементы.

При сельскохозяйственном использовании почв большое значение имеют также энергетические и экономические аспекты проблемы, т.к. гумусовое состояние почв в значительной мере определяет затраты механической энергии на обработку почв. Данный показатель ранжируется на 6 категорий.



# Показатели для оценки устойчивости почв по содержанию гумуса

Запасы гумуса т/га	Оценка в баллах	
	В ЦЕЛЫХ	В ДОЛЯХ
Менее 10	0	0,0
10-20	1	0,2
20-40	2	0,4
40-60	3	0,6
60-80	4	0,8
Более 80	5	1,0

## е) Кислотность

Почвы, имеющие высокую степень кислотности, обусловленную как условиями почвообразования, так и антропогенным воздействием, существенно отличаются от почв с нейтральной реакцией среды.

Кислотность почв ранжируется на 3 категории.

### **Показатели для оценки устойчивости почв по их кислотности**

Кислотность почв	Оценка в баллах	
	в целых	в долях
Сильнокислые и кислые почвы, $pH_{KCl} < 4,5$	0	0,0
Среднекислые и слабокислые почвы, $pH_{KCl} 4,5-5,5$	1	0,5
Близкие к нейтральным и нейтральные почвы, $pH_{KCl} > 5,5$	2	1,0



## ж) Степень насыщенности основаниями

Степень насыщенности почв основаниями связана с почвенными характеристиками: реакция среды, степень оструктуренности, устойчивость почвенного поглощающего комплекса, биологическая активность и некоторыми другими.

Увеличение показателя оказывает благоприятное воздействие на устойчивость почв.

Ранжируется на 5 категорий.

## **Показатели для оценки устойчивости почв по степени насыщенности основаниями**

Степень насыщенности основанийми, %	Оценка в баллах	
	в целых	в долях
Менее 20%	0	0,00
20-40	1	0,25
40-60	2	0,50
60-80	3	0,75
80-100	4	1,00

### з) Первичная биологическая продуктивность

Высокая биологическая продуктивность - косвенное свидетельство экологического благополучия почвы. И оказывает определенное прямое влияние на устойчивость почв, т.к. высокая биологическая продуктивность обуславливает регулярное поступление органического вещества в почву и является фактором улучшения гумусного состояния, водно-воздушного, термического и других режимов почвы.

Показатель ранжируется на 5 категорий.

Неотчуждаемая биомасса, ц сухого вещества/га	Оценка в баллах	
	в целых	в долях
Менее 40	0	0
40-60	1	0,25
60-80	2	0,50
80-100	3	0,75
Более 100	4	1,00



## и) Степень сельскохозяйственной освоенности

Показатель ранжируется на 3 категории.

### **Показатели для оценки устойчивости почв по степени их освоенности**

Почвы	Оценка в баллах	
	в целых	в долях
Слабоокультуренные, с низкой насыщенностью органическими (менее 5 т/га) и минеральными (менее 60 кг/га) удобрениями, слабой агротехникой	- 3	- 1,00
Среднеокультуренные, со средним уровнем насыщенности органическими (5-10 т/га) и минеральными (60-180 кг/га) удобрениями на фоне оптимальной агротехники	- 2	- 0,66
Высокоокультуренные, с высоким уровнем применения органических (более 10 т/га) и минеральных (более 180 кг/га) удобрений на фоне высокой почвозащитной агротехники	- 1	- 0,33

Показатель имеет отрицательный балл, т.к. с/х освоение территории чаще всего ухудшает свойства почв.

## 4.2.2. Оценка устойчивости почв хозяйства

Показатель устойчивости определенного участка почвенного покрова оценивается путем суммирования баллов по всем анализируемым показателям, с учетом чего выделяют отдельные категории интегральной устойчивости почв.

### Оценка почв по степени их интегральной устойчивости

Степень устойчивости	Оценка в баллах	
	в целых	в долях
1. Крайне неустойчивая	0-4	0,00-1,28
2. Неустойчивая	5-9	1,29-2,56
3. Малоустойчивая	10-14	2,57-3,84
4. Относительно устойчивая	15-19	3,85-5,12
5. Устойчивая	20-24	5,13-6,40
6. Высокоустойчивая	25-27	>6,40



Для характеристики устойчивости почв хозяйства в целом можно использовать средневзвешенный балл устойчивости, рассчитываемый по формуле:

$$B = (b_1 \times S_1) + (b_2 \times S_2) + (b_3 \times S_3) + \dots + (b_n \times S_n) / S,$$

B - средневзвешенный балл устойчивости;

S - площадь хозяйства;

b<sub>1,2,3,..., n</sub> - интегральные баллы устойчивости по отдельным полям хозяйства;

S<sub>1,2,3,..., n</sub> - площади отдельных полей.

Данные позволят дать заключение о качестве почвы в наблюдаемое время и спрогнозировать его изменения в будущем, оптимизировать размещение промышленных предприятий, и провести экологическую экспертизу территории.

# 4.3. Оценка степени загрязнения почв и экологического неблагополучия агроэкосистемы

## Классификация антропогенных факторов воздействия на агроэкосистемы:





По характеру действия на агроэкосистемы природные и антропогенные факторы могут быть:

- лимитирующими,
- нормальными,
- оптимальными,
- угнетающими.

Антропогенное воздействие может быть:

- непосредственным (например, вспашка поля)
- опосредованным (корневые выделения растений губительно действуют на другие, культурные растения).

Используется и группировка факторов по типам:

ПОЗИТИВНЫЕ



НЕГАТИВНЫЕ

## *Позитивные факторы*

### Природные факторы

- агроклиматические и микроклиматические ресурсы
- структура почвенного покрова
- физические режимы: тепловой водный воздушный
- химические режимы
- биологические режимы

### Антропогенные факторы

- совершенствование размещения сельского хозяйства
- географическое размещение культур (в т.ч. учет топографии)
- совершенствование структуры агрофитоценоза
- видовое разнообразие возделываемых культур
- совершенствование сортового состава культур-доминантов, в т.ч. полиплоидные и гетерозисные формы
- ограничение численности популяций сорняков
- агротехника
- мелиорация: физическая  
химическая  
биологическая



## Негативные факторы

### Природные

- плохая дренированность территории
- засоленность пород, почв
- солонцеватость почв
- близкий уровень грунтовых вод
- высокая минерализация грунтовых вод
- слитизация
- дефляция и эрозия

### Антропогенные

- нерациональное землепользование
- кислые дожди
- химическое и радиоактивное загрязнение
- неблагоприятная агротехника и мелиорация: физическая  
химическая  
биологическая

Подверженность компонентов экосистемы воздействию факторов, изменяющих ее устойчивость, а также сила и активность этих факторов, характеризуются предельно допустимой нагрузкой.

**Предельно допустимая нагрузка** – это совокупность внутреннего и внешнего воздействий, которая либо не меняет качество окружающей среды, либо меняет его в допустимых пределах.

Единого показателя допустимой нагрузки на агроэкосистему ныне нет, что объясняется огромным разнообразием антропогенных факторов, действующих на компоненты реальной агроэкосистемы.

Для поддержания экологического равновесия и сохранения потенциала самовосстановления пахотных угодий, необходимо проводить постоянные наблюдения за состоянием сельскохозяйственных земель - **агроэкологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения.**



### 4.3.1. Биогенные элементы в почвах

Для характеристики экологического состояния почв используют показатель, обеспеченности почв биогенными элементами. Его важность:

1) Почва - главный источником азота, фосфора и калия, необходимых для полноценного питания растительных и животных организмов;

2) современный уровень продуктивности природных и искусственных экосистем требует дополнительного внесения биогенных элементов под с/х культуры;

3) в результате хозяйственной деятельности человека ускоряется процесс перераспределения биогенных элементов между компонентами окружающей среды, что нарушает сложившееся равновесие между различными частями экосистем и может привести к их деградации.

В связи с этим снижение содержания азота, фосфора и калия в почвах может рассматриваться как критерий деградации почвенного покрова на определенной территории.

Аномально высокие концентрации биогенных элементов однозначно не свидетельствуют о деградации почвы, однако они могут быть индикатором экологического неблагополучия сельскохозяйственных экосистем.



В качестве критерия изменения экологического состояния почвы (по содержанию в ней биогенных элементов, тяжелых металлов и пр.) может быть использовано отношение исходного содержания элемента в почве к конечному.

Полученный результат сравнивается со шкалой, приведенной в таблице, и на основании сравнения почве может быть присвоен балл деградации по 5-балльной шкале.

## **Критерии для оценки степени деградации почвы по содержанию биогенных элементов**

Показатель	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
Содержание биогенных элементов, кратность снижения	<1,2	1,2-1,5	1,6-2,0	2,1-5,0	>5,0

## 4.3.2. Тяжелые металлы в почвах и растениях

- Наиболее распространенное следствие техногенного воздействия человека на естественные и искусственные экосистемы.
- К данному классу загрязнителей относят элементы, имеющие атомную массу, превышающую 50 а.е.м.
- Такие как Hg, Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, Ni, Mn, Mo и др. Большинство из них - необходимы растительным и животным организмам при содержании в небольших количествах и рассматриваются как «микроэлементы». Термин «тяжелые металлы» по отношению к микроэлементам может применяться в случаях, когда те встречаются в экзогенных, повышенных концентрациях и могут оказывать на растения и животных токсическое воздействие.



Поступление в экосистемы тяжелых металлов может стать причиной их деградации и полного разрушения.

Загрязнение тяжелыми металлами сопровождается:

- поступлением в окружающую среду органических поллютантов;
- воздействием кислотных агентов (диоксидов серы и азота);
- поступлением легкорастворимых солей;
- механическим воздействием (удаление и вытаптывание естественной растительности, уплотнение почвы) и т.д.

В результате комплексного воздействия техногенных факторов, среди которых тяжелые металлы представляют один из наиболее значимых, экосистемы претерпевают следующие изменения:

- ухудшается состояние биологической составляющей экосистем: снижение видового разнообразия, общей биомассы и численности организмов;
- снижается продуктивность экосистем;
- происходит деградация почвенного покрова;
- снижается почвенное плодородие.

Токсичные металлы действуют на почву как прямо, так и опосредованно, путем вмешательства в биологические циклы.



Наиболее опасными из тяжелых металлов являются **Hg**, **Cd** и **Pb**, которые даже в самых малых концентрациях не играют никакой положительной роли в метаболизме организмов или положительная роль которых не доказана.

При оценке степени загрязнения почв и растений используется система соотнесения фактически определенной концентрации элемента с предельно (или ориентировочно) допустимой концентрацией вещества или элемента, при которой изучаемые объекты подразделяются на две категории: соответствующие и не соответствующие требованиям.

Особенно важным при этом является установление предельно допустимой концентрации элемента или вещества (ПДК).

Превышение значения ПДК элемента рассматривается в качестве показателя степени их загрязнения или химической деградации.

Степень загрязнения почвы определяется как отношение содержания загрязняющего в-ва в почве к величине его ПДК.

По величине отношения конкретной почве присваивается балл деградации по 5-балльной шкале.

## **Критерии для оценки степени химической деградации почвы по степени загрязнения ее тяжелыми металлами**

Показатель	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
Степень загрязнения (превышение величины ПДК, кратность)					
I группа токсичности	< 1	1-2,0	2,1-3,0	3,1-5	> 5
II группа токсичности	< 1	1-3,0	3,0-5,0	5,1-10	> 20
III группа токсичности	< 1	1-5,0	5,1-20	21-100	> 100



Для количественной оценки степени загрязнения почв рассчитывается коэффициент техногенной концентрации элемента (Kс):

$$K_c = K_{\text{общ.}} / K_{\text{фон}} , \text{ где}$$

K<sub>общ.</sub> - содержание элемента в исследуемой почве;  
K<sub>фон</sub> - содержание элемента в фоновой почве.

При загрязнении почвы двумя и более элементами, производится расчет суммарного показателя загрязнения (Zс):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-i) , \quad \text{где}$$

K<sub>с</sub> - коэффициенты техногенной концентрации, превышающие 1;

n - число элементов с K<sub>с</sub>>1.

## При этом уровень загрязнения считается:

- низким при  $Z_c$  в пределах 0-16;
- средним (умеренно опасным), если  $Z_c = 16-32$ ;
- высоким (опасным), если  $Z_c = 32-128$ ;
- очень высоким (чрезвычайно опасным),  $Z_c > 128$ .

Использование суммарного показателя загрязнения, как и система ПДК, также имеет некоторые ограничения:

- при расчете данного показателя не учитывается различная степень токсичности элементов, что может привести или к недооценке степени экологической напряженности, или к переоценке;

- в случае, если территория загрязнена преимущественно одним или двумя элементами, суммарный показатель загрязнения не отражает реальной напряженности экологической ситуации.



При оценке степени загрязнения растительной продукции также используют ПДК, а также дополнительные показатели.

Например, коэффициент биоаккумуляции (Кб):

$$Кб = Кр / Кп , где$$

Кр - концентрация элемента в растении;

Кп - концентрация элемента в почве.

Этот показатель характеризует степень эффективности работы защитных систем растений, предотвращающих поступление избыточных количеств токсичных элементов в биомассу и степень опасности элемента.

Высокое значение свидетельствует о значительной биоаккумуляции токсичного элемента и его опасности.

### 4.3.3. Биологическая активность почв

Воздействие человека связано со следующими группами веществ и соединений:

- тяжелыми металлами, попадающими в почву в основном с атмосферными выпадениями в результате деятельности крупных промышленных производств и транспорта;
- удобрениями, действие которых может оказывать негативное влияние за счет применения высоких доз в районах интенсивного земледелия;
- пестицидами, уровень биологического воздействия которых также связан с интенсивностью с/х производства, а также с соблюдением технологии применения средств защиты растений;
- нефтью и нефтепродуктами, загрязняющими почвенный покров в результате аварий, неосторожного обращения и в прочих случаях.



**Тяжелые металлы** существенным образом влияют на численность и видовой состав почвенных микроорганизмов. Они ингибируют процессы минерализации и синтеза различных веществ в почвах, подавляют дыхание организмов, могут выступать в качестве мутагенного фактора.

Использование **минеральных удобрений** является неизменным условием повышения урожайности сельскохозяйственных культур. При этом также резко интенсифицируется деятельность почвенной микробиоты.

Чрезмерная активизация почвенной микробиоты может быть и вредной, так как при этом возможны потери минеральных удобрений, ухудшение физико-химических и биологических свойств почвы и другие экологически значимые последствия.

Применяемые в сельском хозяйстве **средства защиты растений и другие химикаты** являются биологически активными веществами, поэтому очевидно, что одним из побочных эффектов их применения является воздействие на показатели биологической активности почв.

Почвенные микроорганизмы испытывают разноплановое воздействие этих соединений, как звено пищевых цепей участвуют в их передаче к высшим организмам, в том числе и к человеку. Воздействуя на отдельные микроорганизмы и их группы, пестициды влияют и в целом на экосистемы.

Воздействие пестицидов на биологическую активность неоднозначно.



**Действие нефти** на биологическую активность почв зависит от ее концентрации.

При малых дозах нефти (до 0,7 мл/кг почвы) – стимулирующее воздействие на почвенную микробиоту, так как она является субстратом для значительной части микроорганизмов и содержит ряд стимуляторов роста.

При менее значительном поступлении нефти (0,7-50 мл/кг) – изменение структуры микробного сообщества, причем возрастает доля ранее не встречавшихся или редко встречавшихся видов.

При большей дозе нефти происходит резкое снижение показателей биологической активности и разнообразия и встречаются лишь отдельные виды организмов, относящихся к микроскопическим грибам.

Для характеристики биологической активности почвы используют **суммарные (интегральные) методы**, позволяющие оценить интенсивность минерализационных процессов, осуществляемых микроорганизмами.

Они делятся на 2 группы.

Актуальную активность измеряют в естественных условиях непосредственно в поле или в модельных опытах без внесения в почву какого-либо дополнительного энергоемкого материала.

Потенциальную активность определяют в контролируемых условиях лабораторных опытов (температура, влажность, аэрация и др.), добавляя в нее различные вещества, трансформацию которых предполагается исследовать.



Показатели биологической активности почв могут использоваться в целях ранней диагностики негативных изменений свойств почв.

Биологическую активность почв определяют с помощью микробиологических и биохимических методов.

К микробиологическим методам относят прямые методы, позволяющие определять численность микроорганизмов разных систематических групп, а также аппликационные методы, по сути являющиеся косвенными методами оценки микробиологической активности почв.

В группу биохимических методов определения биологической активности почв включают методы по определению ферментативной активности и методы определения дыхания почв.

Оценка биологической активности почв может производиться с помощью балльной шкалы. Согласно этому методу выделяется пять градаций биологической активности:

- 1) очень слабая;
- 2) слабая;
- 3) средняя;
- 4) высокая;
- 5) очень высокая.

Каждой градации соответствует определенный диапазон значений по определенному показателю биологической активности.

Полученные в эксперименте данные сравниваются со справочными данными и на основании этого производится оценка изучаемого образца.



# Шкала сравнительной оценки биологической активности почвы (Гапонюк, Малахов, 1985)

Показатель	Активность				
	I оч. слаб.	II слабая	III Средняя	IV Высокая	V оч.высок.
Выделение CO <sub>2</sub> , мг CO <sub>2</sub> /10г/сут	0-5	5-10	10-15	15-25	>25
Каталаза, O <sub>2</sub> см <sup>3</sup> /г/мин	<1	1-3	3-10	10-30	>30
Дегидрогеназа, мкл H <sub>2</sub> /г/сут	0-3	3-7	7-15	15-22	>22
Фосфатаза, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /10г/ч	0-0,5	0,5-1,5	1,5-5,0	5-15	>15
Уреаза, мг N- NH <sub>3</sub> /10г/сут	<3	3-10	10-30	30-100	>100
Протеаза, мг альбум./10г/ч	0-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	>3,0
Инвертаза, мг глюкозы/г/сут	<5	5-15	15-50	50-150	>150

Однако, при использовании этого метода очень сложно количественно выделить влияние последствий человеческой деятельности на экологическое состояние почвы, т.к. антропогенное воздействие на почвенный покров приводит к отклонению значения показателей биологической активности от естественного уровня, характерного для данной почвы.

Поэтому в практике экологических исследований используют дополнительный показатель, позволяющий оценить воздействие загрязняющих веществ на биологическую активность почв в целом – период восстановления ее фактического значения до естественного для изучаемой почвы.



Наряду с инструментальными методами оценки загрязнения природной среды используется метод *биотестирования*.

**Биотестирование** - это методический прием, позволяющий в лабораторных условиях выявить токсичность почвы, снега, сточной воды и прочих сред по реакции живых организмов – биотестов.

В качестве биотестов могут быть использованы животные, растения и микроорганизмы.

Многие из загрязнителей, вступая между собой в сложные химические и физико-химические взаимоотношения, могут значительно изменять свою токсичность как в сторону снижения, так и в сторону увеличения. Итог реакций – изменение ***общей токсичности среды обитания***.

В качестве биотестов, как правило, используются **растения**. Основными параметрами, изучаемыми в процессе биотестирования, являются всхожесть и энергия прорастания семян.

**Фитотоксичность почвы** определяется путем сравнения показателей прорастания семян под действием вытяжки из изучаемой почвы с данными, полученными с незагрязненной почвой.

В качестве критерия фитотоксичности почвы используется кратность снижения контролируемых показателей в опытной почве по сравнению с незагрязненной.

Фитотоксичность ранжируется по 5-балльной системе.



# Критерии для оценки степени деградации почвы по фитотоксичности

Показатель	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
Фитотоксичность почвы, кратность снижения всхожести и энергии прорастания	<1,1	1,1-1,20	1,21-1,4	1,41-2,0	>2,0

Полученная оценка является дополнительным показателем, используемым при экологической характеристике почв и определении степени ее деградации, вызванной комплексом антропогенных факторов, влияющих на условия сохранения жизнеспособных функций почвы.



**Спасибо за  
внимание!!!**

