

Раздел 5. Агроэкосистемы. Функционирование в условиях техногенеза. Почвенно-биотический комплекс. Функциональная роль почвы в экосистемах.

Вопросы к рассмотрению:

1. Агроэкосистемы – природные системы, трансформируемые с целью повышения продуктивности.
2. Классификация и свойства агроэкосистем.
3. Биогеохимические циклы в естественных экосистемах и агроэкосистемах. Воздействие агроэкосистемы на биосферу.
4. Классификация техногенных факторов загрязнения и нарушения агроэкосистем по характеру и направленности неблагоприятного воздействия. Возможности снижения и предотвращения нежелательных воздействий. Основы управления функционированием агроэкосистем в условиях техногенеза.
5. Почвенно-биотический комплекс (ПБК), как основа агроэкосистем. Структурно-функциональная организация ПБК в различных экологических условиях. Глобальные функции почв и экологические функции почв.

Агроэкосистемы – природные системы, трансформируемые с целью повышения продуктивности.

Экосистема или **экологическая система** (от [др.-греч.](#) οἶκος — жилище, местопребывание и σύστημα — система) — биологическая система, состоящая из **сообщества живых организмов** ([биоценоз](#)), **среды** их обитания ([биотоп](#)), **системы связей**, осуществляющей обмен веществом и энергией между ними.

Общепринятого и устоявшегося определения агроэкосистемы нет.

Агроэкосистема, или аграрная экологическая система, — **сознательно** спланированная [человеком](#) территория, на которой сбалансировано **получение** сельскохозяйственной **продукции** и **возврат** её составляющих на поля **для обеспечения круговорота** минеральных и органических **веществ**. В правильно спланированные агроэкосистемы, кроме [пашен](#), входят [пастбища](#) или [луга](#) и животноводческие комплексы.

- Агроэкосистема — это пространственно ограниченная, искусственно созданная, нестабильная, взаимосвязанная совокупность биотических и частично изменённых абиотических компонентов, характерной особенностью которой является относительно устойчивое функционирование во времени при наличии постоянного входящего потока антропогенной энергии и существующая для получения заранее определенного количества растительной сельскохозяйственной продукции.
- Агроэкосистема — это пространственно и функционально связанные элементы сельскохозяйственной деятельности, включающие в себя живые и неживые компоненты, участвующие в этих элементах, а также их взаимодействия.
- Агроэкосистема — это искусственно созданное в процессе хозяйственной деятельности человека сообщество культурных растений и животных и их среды обитания, в которой сбалансированность биогеохимического круговорота элементов питания обеспечивается за счет внесения их в почву в количествах, компенсирующих ежегодное отчуждение с урожаем.
- Агроэкосистема — это искусственно созданная с целью получения сельскохозяйственной продукции и регулярно поддерживаемая человеком (поле, пастбище, огород, сад, защитное лесное насаждение и т.д.) экосистема.

Таблица 1. Отличия природной экосистемы и агроэкосистемы.

| Показатель | Характеристика показателя по пятибалльной шкале | |
|---|--|---|
| | Природная экосистема | Агроэкосистема с высоким уровнем механизации |
| Солнечная энергия | 5 | 5 |
| Круговорот питательных веществ | 5 | 2 |
| Организация ниши | 5 | 3 |
| Технические материалы | 0 | 5 |
| Труд | 0 | 5 |
| Регулирование биоты (РБ) | 5 | 2 |
| Экспорт с урожаем | 0 | 3 |
| Возврат полученной в системе продукции | 5 | 2 |

Основным источником энергии в агроэкосистемах является, безусловно, Солнце, однако, в отличие от природных экосистем «антропогенная энергия», привносимая человеком в агроэкосистему, выступает в роли своеобразного катализатора, стимулирующее более активное использование солнечной энергии.

Основной источник продуктов питания для человека – это продукция агроэкосистем, хотя, конечно, определенная часть пищи поступает и из природных экосистем (лесные грибы, ягоды, кедровые орехи, дикорастущие съедобные растения, морская рыба, съедобные водоросли, морепродукты).

Сегодня на планете возделывается в агроэкосистемах всего лишь около 80 видов растений, одомашненных животных, птиц и рыбы и того меньше. Производство биомассы в агроэкосистемах в масштабе планеты представляет собой незначительную долю (таблица 2).

Таблица 2. Биомасса, синтезирующаяся в отдельных типах систем.

| Тип экосистемы | Площадь, млн.км | Общая чистая первичная продукция (растительная), млрд. т в год | Продуктивность животных, млрд. т в год |
|---|------------------------|---|---|
| В целом на Земле | 510 | 170 | 3,934 |
| Влажные тропические леса | 17 | 37,4 | 0,26 |
| Вечнозеленые леса умеренного пояса (тайга) | 5 | 6,5 | 0,026 |
| Листопадные леса умеренного пояса | 7 | 8,4 | 0,042 |
| Озера и реки | 2 | 0,5 | 0,01 |
| Океан | 332 | 41,5 | 2,5 |
| Культивируемые земли (агроэкосистемы) | 14 | 9,1 | 0,009 |

Потенциальная величина коэффициента полезного действия процесса фотосинтеза составляет 5%, реальный КПД фотосинтеза в агроэкосистемах составляет всего лишь 1,5-2,0%. Поэтому одной из существеннейших задач аграрной науки является создание высокопродуктивных форм растений, способных реализовать потенциальные возможности процесса фотосинтеза.

При этом очень важно избегать использования **таких технологий**, которые **могут нанести вред** состоянию почвы и окружающей среде:

- Эрозийных технологий обработки почвы,
- Засоление и заболачивание почв,
- Изменение структуры почвы в результате переуплотнения верхних слоев,
- Длительное выращивание на одном месте одних и тех же видов, нарушение севооборотов,
- Истощение подземных вод при орошении,
- Загрязнение подземных и поверхностных вод пестицидами и минеральными удобрениями.

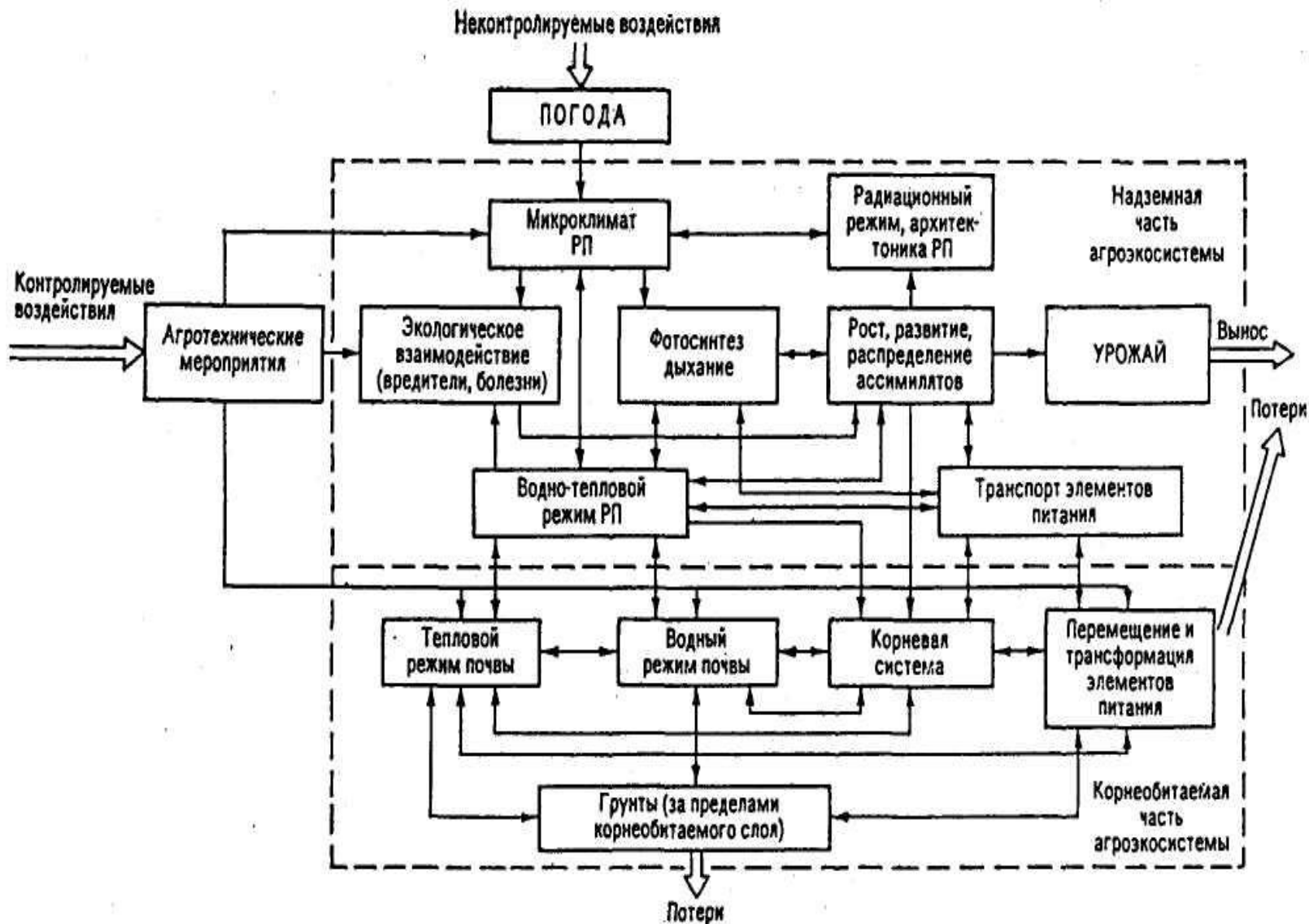
Существует объективный природный предел – порог снижения естественного плодородия – при приближении к которому вся техническая мощь человека, созданные им высокопроизводительные искусственные средства становятся менее эффективными, но при этом избыточно нарастают по масштабам и глубине проявления отрицательные экологические последствия.

Закон снижения энергетической эффективности природопользования гласит: при прочих равных условиях дополнительное увеличение вложений энергии дает более низкий эффект, чем ранее затраченная энергия. **Поднять урожайность с 2 до 2,5 ц/га энергетически дешевле, чем с 5 до 5,5 ц/га.**

В условиях **затратной (экстенсивной)** экономики (как в советское время) вложенная энергия не только не давала отдачи, но и переходила в форму «отрицательной энергии» **разрушения почв и кормовых угодий.**

Составными частями агроэкосистемы являются сельскохозяйственные угодья, на которых выращиваются зерновые, пропашные, кормовые и технические культуры, а также луга и пастбища. Формирование продуктивности агроэкосистем представлено на рис. 1.

Рис. 1. Блок-схема продуктивности агроэкосистем



Основными элементами агробиоценоза в аграрных экосистемах являются:

- Культурные растения, высеянные или высаженные человеком.
- Сорные растения, которые проникли в агробиоценоз помимо, а иногда и вопреки воле человека.
- Микроорганизмы ризосфер культурных и сорных растений.
- Клубеньковые бактерии на корнях бобовых, связывающие свободный азот воздуха.
- Микоризообразующие грибы на корнях высших растений.
- Бактерии, грибы, актиномицеты, водоросли, свободно живущие в почве.
- Беспозвоночные животные, живущие в почве и на растениях.
- Позвоночные животные (грызуны, птицы и др.), живущие в почве и посевах.
- Грибы, бактерии, вирусы — паразиты (полупаразиты) культурных и сорных растений.
- Бактериофаги — паразиты микроорганизмов.

Классификация и свойства агроэкосистем.

- Агроэкосистема (АЭС) – совокупность биогенных и абиогенных компонентов участков суши преобразованных человеком, используемых для производства сельхозпродукции. Естественные экосистемы (ЕЭС) - это совокупность организмов и неживых веществ, связанных между собой потоками вещества и энергии. Процесс формирования ЕЭС происходит под воздействием солнечной энергии. Формирование АЭС требует использования дополнительной антропогенной энергии (энергии, высвобождаемой при освобождении участка от растительности). Основа существования у ЕЭС и АЭС - первичный процесс - автотрофность. Основа АЭС – почва, с/х угодья.
- Типы АЭС:
 - Пропашное земледелие
 - Многолетнее земледелие
 - Многоурожайное земледелие
 - МезоАЭС (крупномасштабная)
 - МикроАЭС (грядка)

Таблица 3. Классификация агроэкосистем по занимаемому ими объему.

| Наименование агроэкосистемы | Краткая характеристика агроэкосистемы |
|--|--|
| Агросфера | Глобальная экосистема, объединяющая всю территорию Земли, преобразованную деятельностью человека |
| Аграрный ландшафт | Экосистема, сформировавшаяся в результате сельскохозяйственного преобразования ландшафта (степного, таежного) |
| Сельскохозяйственная экосистема | Экосистема на уровне хозяйства |
| Агробιοгеοценоз | Специализированный участок выращивания культур (поле, сад, бахча, теплица, оранжерея) |
| Пастбищный биοгеοценоз | Природное или культурное пастбище, используемое для выпаса сельскохозяйственных животных |
| Ферменный биοгеοценоз | Специализированное строение для выращивания животных (конюшня, коровник, свиноводческий комплекс, зоопарк, виварий) |

ФАО использует в своей статистике **пять видов** землепользования, определяя следующие типы агроэкосистем:

- **Земледельческое или полевое** землепользование - богарные или орошаемые агроэкосистемы,
- **Плантационно-садовое** землепользование – плантационные (садовые) многолетние агроэкосистемы,
- **Пастбищное** землепользование – пастбищные агроэкосистемы (отгонные, лесные, улучшенные, сенокосы, окультуренные луга),
- **Смешанное** землепользование – смешанные агроэкосистемы, характеризующиеся **равнозначным** соотношением (сочетанием) нескольких видов землепользования,
- Землепользование в целях **производства вторичной биологической** продукции (**индустриализированное** производство мяса, молока, яиц на основе преобладающих процессов снабжения системы веществом и энергией **извне**).

Таблица 4. Характеристика основных типов агроэкосистем по тактике сестайнинга

СЕСТАЙНИНГ - свойство агроэкосистем восстанавливать ресурсы почв и естественных кормовых угодий, сохранять биологическое разнообразие и при этом обеспечивать достаточно высокий выход растениеводческой и животноводческой продукции.

| Тип агроэкосистемы по размеру антропогенной энергетической субсидии (а.э.с.) | Продуктивность | Степень адаптивности | Специализация | Тактика сестайпинга |
|--|------------------|----------------------|-------------------|---|
| Экстенсивные (низкие а.э.с.) | Низкая | Высокая | Растениеводческая | Обеспечение достаточной длительности залежно-переложной стадии |
| | | | Животноводческая | Обеспечение баланса между продуктивностью кормовых угодий и поголовьем |
| | | | Комплексная | Обеспечение баланса между площадями пашни и луга и поголовьем скота |
| Интенсивные (высокие а.э.с.) | Высокая | Низкая | Растениеводческая | Применение севооборотов с травами и сидератами |
| | | | Животноводческая | Утилизация бесподстилочного навоза, возврат его на пашню |
| | | | Комплексная | Утилизация бесподстилочного навоза, возврат его на пашню |
| Адаптивные (умеренные а.э.с.) | Умеренно высокая | Высокая | Растениеводческая | Сидераты, севообороты |
| | | | Животноводческая | Обеспечение адаптивной структуры агроэкосистемы, сохранение биологического разнообразия |
| | | | Комплексная | Севообороты, полная утилизация навоза, применение биометодов в защите растений |

Агроэкосистемы также можно классифицировать по **критерию условий сохранения** и воспроизводства естественного **плодородия** почв:

- Природоемкий – характеризуется неполным воспроизводством плодородия почвы и падением его уровня.
- Природоохранный – характеризуется простым воспроизводством плодородия почв и сохранением его уровня.
- Природоулучшающий – направлен на расширенное воспроизводство и повышение уровня естественного плодородия.

Пропорционально типу воспроизводства почвенного плодородия меняется эффективность привносимой в агроэкосистемы антропогенной энергии.

Таблица 5. Сравнительная характеристика свойств агроэкосистем и природных экосистем.

| Свойства экосистемы | аграрной | природной |
|--|--------------|--------------------------------|
| Степень замкнутости | низкая | высокая |
| Почвенное плодородие | утрачивается | стабильное или увеличивающееся |
| Скорость инфильтрации воды | низкая | высокая |
| Скорость процессов окисления и минерализации в | высокая | низкая |
| Биогенные круговороты | открытые | замкнутые |

Таблица 6. Влияние свойств экосистем на их стабильность.

| Свойства | Экосистемы | |
|--|-------------------|------------------------------|
| | природные | культивируемые (агро) |
| Абиотические | | |
| Скорость инфильтрации воды | Высокая | Низкая |
| Объем стока воды | Низкий | Высокий |
| Эрозия | Низкая | Высокая |
| Опад и другие остатки | Много | Мало |
| Камни | Много | Мало |
| Потери почвенной влаги на испарение | Высокие | Низкие |
| Почвенные коллоиды | Много | Мало |
| Потери на вымывание | Низкие | Высокие |
| Температура почвы | Ниже | Выше |
| Биотические | | |
| Растительный покров | Значительный | Малый |
| Внутренний круговорот веществ, осуществляемый растениями | Выше | Ниже |
| Синхронизация активности растений и микроорганизмов | Высокая | Низкая |
| Разнообразие биологической активности по времени | Высокое | Низкое |
| Соотношение активности растений и организмов | 1 | > 1 |
| Разнообразие растительных популяций | Высокое | Низкое |
| Генетическое разнообразие | Высокое | Низкое |
| Потенциал воспроизводства | Высокий | Низкий |

Биогеохимические циклы в естественных экосистемах и агроэкосистемах. Воздействие агроэкосистемы на биосферу.

Любая экосистема является элементом различных циклов (круговоротов) веществ и энергии. Наиважнейшим круговоротом является, естественно, энергетический, по характеру которого глобальные агроэкосистемы подразделяются на 5 типов (таблица 7).

Биогеохимические циклы - это биогеохимический круговорот веществ, обмен веществом и энергией между различными компонентами биосферы, обусловленный жизнедеятельностью организмов и носящий циклический характер. Термин «Биогеохимический цикл» введён в 10-х гг. 20 в. В. И. Вернадским, разработавшим теоретические основы биогеохимической цикличности в учении о биосфере и трудах по биогеохимии. Все **биогеохимические циклы** в природе **взаимосвязаны**, составляют динамическую основу существования жизни, а некоторые из них (циклы С, О, Н, N, S, P, Ca, K, Si и др. т. н. биогенных элементов) являются ключевыми для понимания эволюции и современного состояния биосферы. Движущими силами биогеохимических циклов служат потоки энергии Солнца (более широко — космоса) и деятельность живого вещества (совокупности всех живых организмов), приводящие к перемещению огромных масс химических элементов, концентрированию и перераспределению аккумулированной в процессе фотосинтеза энергии. Благодаря фотосинтезу и непрерывно действующим циклическим круговоротам биогенных элементов создаётся устойчивая организованность биосферы Земли, осуществляется её нормальное функционирование.

Таблица 7. Классификация агроэкосистем по энергетическому критерию.

| Глобальный тип агроэкосистемы | Характеристика | Отличие от природной экосистемы |
|-------------------------------|--|---|
| Тропический | Высокая обеспеченность теплом, преобладание многолетних культур, несколько урожаев в год (преобладающие многолетние культуры – ананасы, какао, кофе). | Равнозначный с природным энергообмен и массообмен |
| Субтропический | Характерны два вегетационных периода (зимний и летний) (появляется дискретность и дисперсность потоков вещества и энергии). Преобладают многолетние культуры с выраженным периодом покоя (преобладающие многолетние культуры – чай, виноград, грецкий орех, цитрусовые). | Необходимы некоторые дополнительные энергозатраты. |
| Умеренный | Характерен только один вегетационный период, период зимнего покоя довольно продолжителен. Высокая потребность во внесении антропогенной энергии. Преобладающие многолетние культуры – семечковые и косточковые плодовые. | Необходимы существенные дополнительные потоки энергии и вещества. |
| Полярный | Земледелие очагового характера (небольшие поля с быстросозревающими культурами). Очень высокая потребность во внесении антропогенной энергии. Преобладающие многолетние культуры – облепиха, ягодные кустарники. | Существенные отличия в потоках энергии и вещества. |
| Арктический | Земледелие только в закрытом грунте. Существует только с дополнительной антропогенной энергией. | Радикальные отличия в потоках энергии и вещества. |

Нормальные (ненарушенные) биогеохимические циклы в биосфере не являются замкнутыми, хотя **степень обратимости** годовых циклов важнейших биогенных элементов достигает 95—98%. **Неполная обратимость (незамкнутость)** — одно из важнейших свойств биогеохимических циклов, имеющее планетарное значение. За всю историю развития биосферы (3,5—3,8 млрд. лет) доля вещества, выходящая из биосферного цикла (длительностью от десятков и сотен до нескольких тысяч лет) в геологический цикл (длительностью в миллионы лет), обусловила биогенное накопление кислорода и азота в атмосфере, различных химических элементов и соединений в земной коре. Особенно показателен биогеохимический цикл **углерода**. Ежегодно из биосферного биогеохимического цикла наземных экосистем выходит («сбрасывается») в геологический цикл около 130 гигатонн углерода, что составляет всего 10 — 18% от запасов углерода, находящихся в обращении в современной биосфере. В течение **фанерозоя** (около 600 млн. лет) за счёт неполной обратимости цикла углерода в ископаемых осадках накопились огромные запасы углеродистых отложений (известняков, битумов, углей, нефтей и др.), оцениваемые в 10^{16} — 10^{17} гигатонн углерода. В таблице 8 представлены данные по накоплению углерода на планете в период до развития техногенной цивилизации.

Таблица 8. Представительные оценки количества углерода в различных геологических резервуарах для **доиндустриальной эпохи (до 1750 года).**

| Резервуар | количество углерода в гигатоннах С |
|---|---|
| Атмосфера | 590 |
| <u>Океан</u> | $(3,71—3,9) \cdot 10^4$ |
| поверхностный слой, неорганический углерод | 700—900 |
| глубокие воды, неорганический углерод | 35 600—38 000 |
| весь биологический углерод океанов | 685—700 |
| <u>Пресноводная биота</u> | 1—3 |
| <u>наземная биота и почва</u> | 2000—2300 |
| <u>растения</u> | 500—600 |
| <u>почвы</u> | 1500—1700 |
| Морские осадки, способные к обмену углеродом с океанической водой | 3000 |
| <u>неорганические, главным образом карбонатные осадки</u> | 2500 |
| органические осадки | 650 |
| <u>Кора</u> | $(7,78—9,0) \cdot 10^7$ |
| осадочные карбонаты | $6,53 \cdot 10^7$ |
| органический углерод | $1,25 \cdot 10^7$ |
| <u>Мантия</u> | $3,24 \cdot 10^8$ |
| Ресурсы и резервы ископаемого топлива | $(7,78—9,0) \cdot 10^7$ |
| <u>Нефть</u> | 636—842 |
| <u>Природный газ</u> | 483—564 |
| <u>Уголь</u> | $(3,10—4,27) \cdot 10^3$ |

Различают быстрый и медленный углеродный цикл. Медленный поток углеродного цикла связан с захоронением углерода в горных породах и может продолжаться сотни миллионов лет (таблица 9).

Продолжительность быстрого углеродного цикла определяется продолжительностью жизни организма. Он представляет собой обмен углеродом непосредственно между биосферой (живыми организмами при дыхании, питании и выделениях, а также мёртвыми организмами при разложении) и атмосферой и гидросферой (таблица 10).

Таблица 9. Потоки углерода между резервуарами

| Потоки углерода | гигатонн в год |
|---|-----------------------|
| Захоронение карбонатов | 0,13-0,38 |
| Захоронение органического углерода | 0,05-0,13 |
| Речной снос в океаны, растворённый неорганический углерод | 0,39-0,44 |
| Речной снос в океаны, весь органический углерод | 0,30-0,41 |
| Вынос реками растворённого органического углерода | 0,21-0,22 |
| Вынос реками органического углерода в виде частиц | 0,17-0,30 |
| Вулканизм | 0,04-0,10 |
| Вынос из мантии | 0,022-0,07 |

Таблица 10. Потоки углерода между резервуарами

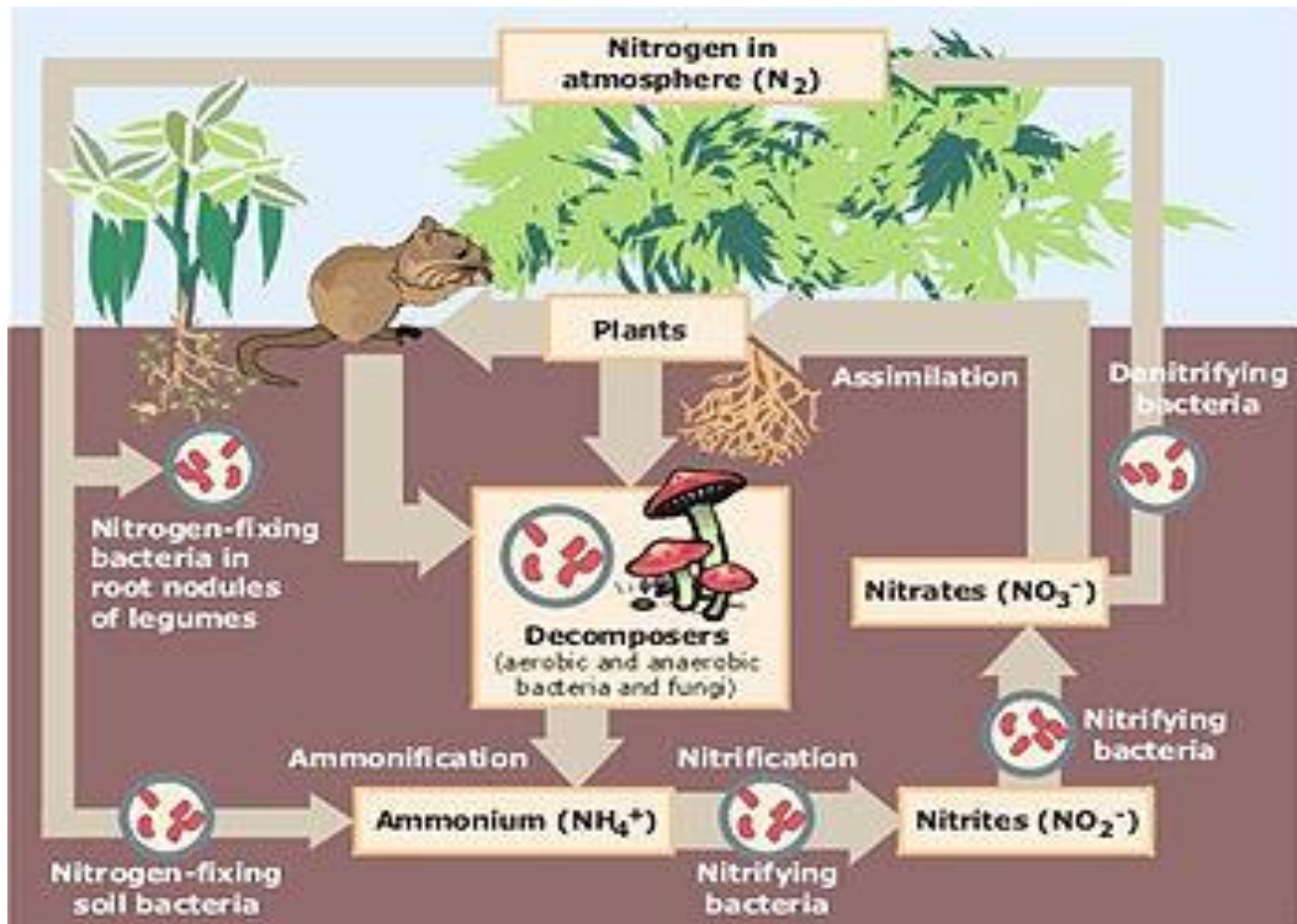
| Потоки | гигатонн в год |
|--------------------------------------|----------------|
| атмосферный фотосинтез | 120+3 |
| дыхание растений | 60 |
| дыхание микроорганизмов и разложение | 60 |
| антропогенная эмиссия | 3 |
| обмен с океаном | 90+2 |

Примечание: цифры после знака "+" указывают [антропогенное влияние](#).

Степень замкнутости в агроэкосистемах гораздо меньше, чем в природных экосистемах в силу существенных корректив в энерго- и массопотоках, поскольку привнесение человеком дополнительной энергии и дополнительных масс удобрений, пестицидов, семян, посадочного материала сильно изменяет естественные процессы природной экосистемы, превращая ее в агроэкосистему.

Например, вследствие внесения химических азотных удобрений существенно изменился глобальный круговорот азота (рис. 2), в воде и почвах накопилось и не возвращается в атмосферу около 10 млн. т этого элемента.

Рис. 2. Схема круговорота азота в природе.



В земледелии круговороты важнейших элементов питания растений (кальций, [фосфор](#), [калий](#) и др.) изучены Д. Н. Прянишниковым и его школой. С биогеохимической цикличностью углерода, кислорода, водорода, натрия, фосфора, серы, кальция, магния, калия и др. биогенных элементов связано формирование [биомассы](#) культурных растений и гумусового горизонта почвы. Для восполнения выносимых с урожаем элементов питания и поддержания нормального функционирования биосферы, особенно её почвенного покрова на с.-х. угодьях, необходимо систематическое научно обоснованное внесение минеральных и органических удобрений.

Неправильное, несвоевременное или чрезмерное внесение удобрений становится одним из мощных факторов загрязнения окружающей среды. Особую опасность для с.-х. животных и человека представляют нарушения биогеохимических циклов азота, фосфора и тяжёлых металлов (свинец, [цинк](#), кадмий, ртуть и др.).

Так, при **высоких дозах** внесения **азотных** удобрений (100—250 кг/га) возможны **тяжёлые** и даже смертельные заболевания метгемоглобинемией (“синюшностью”), связанной с токсической концентрацией **нитратного азота** (свыше 95 мг/л NO_3) в воде. Выбросы окислов азота промышленными предприятиями и сверхзвуковыми самолётами могут стать причиной **разрушения озонового экрана**, предохраняющего всё живое от губительного действия ультрафиолетовой радиации. **Неправильное** применение и хранение **фосфорных** удобрений приводят к **увеличению содержания фосфатов в почвах, их вымыванию и загрязнению и эвтрофированию водоёмов**, последующему накоплению фосфора в продуктах питания. Для восстановления и поддержания сбалансированной цикличности важнейших биогенных элементов рекомендуется система агромелиоративных мероприятий и малоотходных технологий промышленного производства.

Сельское хозяйство изменяет в круговороте веществ и энергии интенсивность и траектории перемещения этих потоков. Особенно опасно вовлечение в круговорот искусственно синтезированных веществ, в том числе и ксенобиотиков (чуждых живому организму веществ, вызывающих нарушение биологических процессов).

Одно из **ключевых** направлений агроэкологии – выработка соответствующих **адаптивных стратегий природопользования**, дифференцированных по типам агроэкосистем с учетом процессов научно-технического развития.

В природных системах **внутренний круговорот питательных веществ** по объему значительно **превышает** их поступление из атмосферы и потери на вымывание из почвы. В управляемой сельскохозяйственной экосистеме распределение питательных веществ меняется, что проявляется в снижении их переноса от первичных продуцентов к потребителям (консументам), а также в последующем закономерном изменении режима поступления этих веществ к редуцентам. Такого рода обстоятельства вызваны применением в агроэкосистемах пестицидов, осуществлением агротехнических мероприятий (регулирующего факторов). Характерно, что после заделки растительных остатков при последующей обработке почвы активность редуцентов повышается. Важно, что в результате управления агроэкосистемой наблюдается изменение обычного («консервативного») круговорота питательных веществ и увеличение скорости их перехода в абиотическое состояние.

В агроэкосистемах изменяются или подавляются присущие природным системам свойства саморегулирования, что ведет к снижению биотической устойчивости.

Стабильность экосистемы сохраняется в том случае, если она переходит на **новый уровень гомеостаза**. Если же исключается или становится неэффективной любой из функциональных компонентов, экосистема может разрушиться под действием абиотических факторов, например, под действием эрозии.

В перспективе должно быть обеспечено максимальное приближение свойств искусственных образований к свойствам природных – к этому, по сути, и должны сводиться агроэкологические решения, основывающиеся на учете особенностей массо- и энергообмена в агроэкосистемах.

Продукционный процесс агроэкосистемы зависит не от разрозненно действующих абиотических, биотических и антропогенных факторов, а одновременно от всего их комплекса. Продуктивность агроэкосистемы обеспечивается интенсивностью и направленностью процессов обмена веществ и переноса энергии между возделываемой культурой и окружающей природной средой, находящихся под управлением человека. От качества управления, степени его природосообразности зависит в конечном итоге экосистемный уровень биологической организации агроэкосистем.

Возможность **человека** манипулировать природой и активно **влиять на окружающий мир** проявилась не сразу. В историческом плане воздействие человека на биосферу претерпело следующие основные этапы (по Н. Ф. Реймерсу):

1) воздействие людей на биосферу лишь как **обычных биологических** видов;

2) **сверхинтенсивная охота без** резкого **изменения экосистем** в период становления человечества;

3) **изменение экосистем** через **пастьбу** скота, ускорение роста трав путем их **выжигания** и т. п.;

4) **усиление влияния** на природу с **коренным** преобразованием части экосистем (**распашка** земель, широкая **вырубка** лесов и т. п.);

5) **глобальное** изменение всех экологических компонентов в целом в связи с **неограниченной интенсификацией** хозяйства.

Последний этап начался сравнительно недавно — главным образом в XX в. В настоящее время мы находимся на таком этапе антропогенного влияния на биосферу, когда изменения, вызванные человеком, широко затронули всю оболочку планеты и приняли небывалые по масштабам размеры.

Современной экологической наукой доказано, что биота сама способна регулировать и стабилизировать окружающую природную среду. Реагируя на внешние возмущения сильными обратными связями (что аналогично действию принципа Ле Шателье — Брауна в термодинамике), биота возвращает окружающую природную среду к прежнему состоянию. Однако такая реакция биоты возможна лишь до определенного Предела. В случае **превышения хозяйственной или несущей емкости биосферы**, биота, как утверждают В. И. Данилов-Дашильян и К.С. Лосев (1996), сама становится «источником загрязнения». Сохраняющаяся естественная часть продолжает компенсировать возмущение, однако подобной компенсации же недостаточно для возвращения природной среды в исходное состояние.

Классификация техногенных факторов загрязнения и нарушения агроэкосистем по характеру и направленности неблагоприятного воздействия. Возможности снижения и предотвращения нежелательных воздействий. Основы управления функционированием агроэкосистем в условиях техногенеза.

Техногенез - происхождение и изменение ландшафтов под воздействием производственной деятельности человека. Техногенез заключается в преобразовании биосферы, вызываемом совокупностью механических, геохимических и геофизических процессов. Название происходит от греч. *techne* - искусство, ремесло, и *genesis* - рождение, происхождение.

Прямое техногенное воздействие на природную среду осуществляется хозяйственными объектами и системами при непосредственном контакте с ней в процессе природопользования или сбрасывания в неё отходов. Состав природных компонентов, подверженных загрязнению, включает в себя в различных сочетаниях воздух атмосферы, биоту и почвенный покров, подземные и поверхности воды, литологический фундамент, сюда же можно отнести и рельеф. Особенно значительные изменения природных комплексов происходит вследствие техногенных трансформаций рельефа, который всегда влечёт за собой снятие или погребение растительности и почвенного покрова. Трансформация рельефа вызывает также изменения положения поверхности относительно уровня грунтовых вод.

Проявление техногенного влияния сводится к следующим основным группам:

- изменение водного режима,
- нарушение поверхности (оползни, просадки, обвалы, осыпи),
- изменение скорости направления процессов рельефообразования,
- изменение процессов почвообразования,
- загрязнение атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод продуктами дефляции отвалов;
- изменение микроклимата, изменение условий существования и развития биологического мира.

Техногенез характеризуется следующими показателями:

- **Технофильность (Т)** - дает соотношение количества добываемого элемента к его содержанию в земной коре. Наиболее высокой технофильностью обладают С, Cl, Рb, Hg, Zn, Ni, Cu и т.д.
- **Биофильность** - отношение среднего содержания элемента в живом веществе планеты к содержанию в земной коре.
- **Деструктивная активность** - отношение массы элемента годовой добычи и выбросов в окружающую среду к массе элемента биологической продукции наземных растений в течение года.

Под загрязнением окружающей среды понимают любое внесение в ту или иную экологическую систему не свойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений, прерывающих или нарушающих процессы круговорота и обмена веществ, потоки энергии со снижением продуктивности или разрушением данной экосистемы.

Различают **природные** загрязнения, вызванные природными, нередко катастрофическими, причинами, например извержение вулкана, и **антропогенные**, возникающие в результате деятельности человека.

Антропогенные загрязнители делятся на:

- материальные (пыль, газы, зола, шлаки и др.),
- физические, или энергетические (тепловая энергия, электрические и электромагнитные поля, шум, вибрация и т. д.).

Материальные загрязнители подразделяются на:

- механические,
- химические,
- биологические.

К **механическим** загрязнителям относятся пыль и аэрозоли атмосферного воздуха, твердые частицы в воде и почве. **Химическими** (ингредиентами) загрязнителями являются различные газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, попадающие в атмосферу, гидросферу и вступающие во взаимодействие с окружающей средой - кислоты, щелочи, диоксид серы, эмульсии и другие. **Биологические** загрязнители - все виды организмов, появляющиеся при участии человека и наносящие ему вред - грибы, бактерии, сине-зеленые водоросли и т. д.

Последствия загрязнения окружающей среды:

- 1. Ухудшение качества** окружающей среды.
- 2. Образование нежелательных потерь** вещества, энергии, труда и средств при добыче и заготовке человеком сырья и материалов, которые превращаются в безвозвратные отходы, рассеиваемые в биосфере.
- 3. Необратимое разрушение** не только отдельных экологических систем, но и биосферы в целом, в том числе воздействие на глобальные физико-химические параметры окружающей среды.

В условиях техногенеза биогенная миграция вещества и энергии заменяется техногенной. Источниками **техногенного загрязнения почв** являются различные **агротехнические приемы**: применение пестицидов, органических и минеральных удобрений, орошение сточными водами и др.

Ключевую роль в процессах трансформации и дальнейшей судьбе техногенных загрязнений играет почвенный покров, так как от его свойств и плодородия зависят, **во-первых**, размеры ущерба, наносимого поллютантами растительности, животным и человеку, **во-вторых**, возможности реализации тех или иных способов его уменьшения и проведения дезактивации и детоксикации среды обитания.

Поскольку почва становится своеобразным депо, где накапливаются поллютанты, поступающие главным образом из воздуха, **следует учитывать** имеющиеся в окрестностях хозяйства источники загрязнений, по-разному влияющие на почвенный покров (и по каждому - виды загрязняющих веществ), в соответствии со следующей классификацией (таблица 11):

Таблица 11. Классификация источников загрязнений.

| Наименование источника загрязнения | Состав загрязнения |
|---|--|
| Природные источники загрязнения: | |
| вулканы и другие природные стихийные бедствия | Минеральные частицы, газы и пары различных веществ |
| космос | Космическая пыль, метеориты |
| почва | Минеральные и органические частицы, поднятые в атмосферу во время песчаных и пыльных бурь, нередко спровоцированных неадаптивной деятельностью земледельцев и животноводов |
| лесные пожары, большая часть которых спровоцирована безответственным поведением людей | Сажа, зола и т.п. |

Продолжение таблицы 11. Классификация источников загрязнений.

| Наименование источника загрязнения | Состав загрязнения |
|--|--|
| Антропогенные источники загрязнения: | |
| атомные электростанции и промышленность, теплоэнергетические станции и т.д. | Радионуклиды и техногенные металлы |
| топливодобывающая промышленность (шахты, карьеры, нефтяные и газовые скважины и др.) | Пыль, углеводороды, в том числе CH_4 , SO_2 , SO_3 , H_2S , соединения тяжелых металлов и т.д. |
| черная металлургия | Рудная и железистая пыль, окислы железа, марганца, мышьяка, зола, сажа, SO_2 , SO_3 , CO , NH_3 , NO_2 , HCl , возможно, диоксины и т.д. |
| цветная металлургия | Пыль, пары и окислы свинца, цинка, кадмия, меди, мышьяка, ртути, фтора, SO_2 , SO_3 , возможно, диоксины и т.д. |
| промышленность стройматериалов | Цементная, гипсовая, известковая пыль, соединения фтора и т.п. |
| химическое производство неорганических веществ | SO_2 , SO_3 , Cl , HF , H_2S , HCl , HNO_3 , NH_3 , фтористые соединения и т.д. |

Продолжение таблицы 11. Классификация источников загрязнений.

| Наименование источника загрязнения | Состав загрязнения |
|---|--|
| Антропогенные источники загрязнения: | |
| химическое производство органических веществ | Растворители, эфиры, фенолы, сажа, диоксины, углеводороды и т.п. |
| нефтехимическая промышленность | Углеводороды, включая бенз(а)пирен, меркаптаны, возможно, диоксины и др. |
| целлюлозная, бумажная и деревоперерабатывающая промышленность | Пыль, SO ₂ , Cl, Hg, меркаптаны, метантиол, диоксины и т.д. |
| фармацевтическая промышленность | Углеводороды и др. |
| ткацкая, швейная, меховая и кожевенная промышленность | Пыль, испарения химических веществ и др. |
| пищевая и мясомолочная промышленность | Пыль, SO ₂ , SO ₃ , NH ₃ , H ₂ S, микотоксины и т.п. |
| производство, хранение, транспортировка и уничтожение боеприпасов, взрывчатых веществ и ракетного топлива | Ядовитые соединения, в том числе диоксины и др. |
| машино- и приборостроение | Пыль, дымы, аэрозоли, SO ₂ , SO ₃ , NO ₂ и т.д. |
| строительство дорог, автострад и взлетно-посадочных полос аэропортов | Пыль, углеводороды и т.д. |
| транспорт | Углеводороды, включая бенз(а)пирен, соединения натрия, свинца, кадмия, сажа, NO ₂ , CO, H ₂ S и т.д. |
| города, населенные пункты и коммунальные системы их жизнеобеспечения | Зола, дым, SO ₂ , SO ₃ , CH ₄ , NO ₂ , H ₂ S, микотоксины и т.д. |
| сельское и лесное хозяйство | Удобрения, пестициды, пыль, NH ₃ , навоз и навозные стоки, микотоксины и т.п. |

Наиболее **опасны для агроэкосистем** следующие группы поллютантов:

- **токсичные химические** элементы, к которым относятся **тяжелые металлы** (ТМ) с удельной массой выше $4,5 \text{ г/см}^3$, а также мышьяк, сурьма, фтор, селен в соответствующих опасных дозах (в некоторых условиях алюминий, когда он чрезмерно насыщает организм, оказавшись в особо доступной для живых объектов форме);
- **радионуклиды**;
- **органические токсиканты**, включающие полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), из которых наиболее известен бенз(а)пирен, полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), полихлорированные бифенилы (ПХБ), полибромированные дибензодиоксины (ПБДД) (несколько сотен упомянутых соединений превосходят по токсичности нервно-паралитические газы и могут мигрировать по пищевым цепям);
- **агродоухимикаты**, в том числе пестициды, дефолианты, гормональные и антибиотические добавки к кормам и т.п. (пестициды накапливаются в почве в том случае, если интервал между повторными внесениями значительно меньше периода их полураспада); микотоксины.

В окрестностях базовых хозяйств обследуются источники техногенных загрязнений и выявляются их следующие характеристики: вид переноса (ветром, поверхностными или грунтовыми водами); спектр загрязняющих веществ (поллютантов), их количество, режим поступления на территорию; характер рассеяния в зависимости от ландшафта.

С целью определения характера миграции тяжелых металлов в трофической цепи и выявления влияния на него различных факторов определяют коэффициенты перехода тяжелых металлов в звеньях **почва - корма, корма - животноводческая продукция, почва - животноводческая продукция**. При этом исследования должны проводиться сопряженным методом с одновременным охватом показателей нескольких объектов, связанных между собой звеньями трофической цепи.

Новейшие достижения экологии позволяют совершенствовать существующие и разрабатывать новые методы ведения с/х производства, выявляя в растениеводстве и животноводстве дополнительные резервы для стабилизации агроландшафтов.

Основным организующим началом в любой агросистеме является взаимодействие между производством и потреблением. **Главная задача – повышение продуктивности и устойчивости агросистемы.** Например – вместо одинаковых посевов можно внедрять поликультурные на них можно получать разнообразный и многократный урожай, обеспечивается устойчивость посевов. Важную роль играет развитие методов экологической инженерии при подборе экотипов и жизненных форм растений для получения фитоценозов длительного пользования. Применение механизированных средств носит отрицательные последствия на почвенный покров.

Поэтому нужна разработка таких сельскохозяйственных машин и орудий, которые при общей эффективности должны оказывать минимальный вред окружающей среде, а именно:

- сокращение выбросов от с/х машин и орудий,
- уменьшение нагрузки на почву путем изменения конструктивной особенности техники,
- внедрение двигателей с высоким КПД, но низким потреблением топлива.

Оценка изменения агроэкологических показателей плодородия почв и их функций включает:

- природную сопротивляемость,
- буферность,
- способность к биологическому, физическому и химическому самоочищению.

Эти меры помогут улучшить экономическую и экологическую ситуацию, особенно в комплексе с правильной агрохимией, растениеводством.

Для оценки любой экосистемы применяются следующие простые и комплексные параметры:

- запас живой биомассы (г/м^2 , т/га),
- запас мертвого органического вещества (мортмасса),
- интегральная характеристика структуры органического вещества экосистемы или соотношение запасов гумуса, фитомассы, зоомассы и биомассы микроорганизмов,
- скорость воспроизводства органического вещества, как отношение величины первичной продукции к запасу живой фитомассы (в %),
- опад (г/м^2 , т/га в год) - количество органического вещества, заключенное во всех ежегодно отмирающих частях растений наземных и подземных,
- истинный прирост (т/га в год) - количество органического вещества, остающегося в сообществе в результате годичного прироста за вычетом опада,
- скорость общего оборота органического вещества или отношение величины запаса живого и мертвого органического вещества; этот показатель позволяет выделить подвижность органического вещества при трансформации продукции,
- скорость деструктивных процессов - отношение ежегодного поступления мортмассы к ее запасу.

Для любой экосистемы в условиях загрязнения используются дополнительные показатели:

- годовое накопление химических элементов (кг/га в год) биотической компоненты,
- годичный возврат химических элементов с опадом (кг/га в год).

Естественные экосистемы выполняют **три основные** жизнеобеспечивающие **функции** (место, средство, условия жизни). **Агроэкосистемы**, в отличие от них, формируются для **получения** максимально возможного количества **продукции**, служащей первоисточником пищевых, кормовых, лекарственных и сырьевых ресурсов, т. е. функции агроэкосистем, в основном, ограничиваются предоставлением средств жизни.

В этом **главная причина** преобладания **ресурсоемкого и природоразрушающего типов** агроэкосистем.

Перспектива же за **природосообразными агроэкосистемами**. Добиться этого можно лишь при выполнении агроэкосистемами в полной мере функций воспроизводства и сохранения условий жизни. Формирование агроэкосистем должно отвечать главному требованию — они должны быть **природоохранными**. Последовательная реализация экологической функции, поддерживающей благоприятные условия среды для человека, органической и неорганической частей агроэкосистемы и сопредельных территорий, является столь же важной, как и производство средств жизни.

Пока что **традиционно** сохраняется разделение единого процесса производства биопродукции на два соподчиненных блока: непосредственно процесс производства и процесс уборки, транспортировки, переработки, хранения и потребления продукции. На каждой стадии возможно возникновение негативных экологических последствий, что требует специфических охранных мероприятий. Принято считать эти меры **дополнительными, носящими затратный характер**. Между тем следует соблюдать **принцип равнозначной приоритетности как основу системного управления** агроэкосистемами.

Научно обоснованная организация агроэкосистем предусматривает **создание рациональной природной и природно-хозяйственной инфраструктуры** (дороги, каналы, лесные насаждения, сельскохозяйственные угодья и др.), адекватной особенностям местного ландшафта и хозяйственного пользования территорией в целом. Организация агроэкосистем должна быть приближена к контурам природных комплексов, что достигается оптимизацией агроландшафта.

Современные агроэкосистемы включают сложные взаимосвязанные материально, энергетически, экономически и экологически процессы производства биологической продукции. При этом обеспечиваются **воспроизводство естественного ресурсного потенциала и эффективное использование антропогенных субсидий энергии.**

5. Почвенно-биотический комплекс (ПБК), как основа агроэкосистем. Структурно-функциональная организация ПБК в различных экологических условиях. Глобальные функции почв. Экологические функции почв.

Почва - это особое **биокосное** тело, сложнейшая система, где непрерывно совершается синтез органического вещества, круговорот элементов **зольной и азотной** пищи растений, **детоксикация** различных загрязнителей, которые поступают в почву и т.д. Эти процессы осуществляются благодаря уникальному строению почвы, которое представляет собой систему взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов: твердой, жидкой, газообразной и живой. Оптимальное сочетание этих факторов способствует лучшему развитию растений. Последние, формируя большую биомассу, поставляют больше пищевого и энергетического материала для населяющих почву живых организмов, что улучшает их жизнедеятельность и способствует обогащению почвы питательными веществами и биологически активными соединениями. Твердая фаза почвы, имеющая максимальное сосредоточение основных источников питательных и энергетических веществ, также взаимосвязана с распространением и функционированием почвенно-биотического комплекса (ПБК). В процессах превращения веществ огромную роль играют населяющие почву живые организмы - ПБК.

ПБК представляет собой большую и многочисленную группу организмов, среди которых известны **микроорганизмы, простейшие, беспозвоночные животные, черви, моллюски** и пр. Эти организмы находятся в постоянном взаимодействии и взаимовлиянии друг другом, очень динамичны в пространстве и во времени, некоторые обладают необычайно мощным ферментативным аппаратом и способностью выделять в окружающую среду различные токсины. От **деятельности почвенной биоты** в значительной степени **зависит плодородие** почвы, ее здоровье, качество сельскохозяйственной продукции, состояние окружающей среды.

Плодородный слой почвы представляет собой крайне сложную систему, в состав которой входят как живые организмы (микроорганизмы, растения, животные), так и сложнейшие комплексы органических и неорганических веществ. В неживую часть этой системы входят различные вещества, в том числе неорганические компоненты, составляющие важнейшую часть почвенного раствора, из которого живые автотрофные организмы поглощают необходимые им минеральные вещества, и органические компоненты, служащие питанием для гетеротрофных обитателей почвы. В почву попадают все органические остатки живых обитателей нашей планеты после их гибели. **Средняя годовая продукция** органического вещества на Земле составляет **33×10^{11}** кг.

Особое значение имеет деятельность микроорганизмов при разложении целлюлозы, поскольку это наиболее распространенное органическое вещество, попадающее в почву. Целлюлозу в почве разлагают аэробные и анаэробные микроорганизмы. Аэробные целлюлозоразлагающие бактерии выделяют много слизи, которая участвует в процессах оструктурирования почвы и гумусообразования.

В природе существует множество почвенных типов почвы, значительно различающихся по биотическому составу в зависимости от климатических условий и географического расположения. Поскольку состав почвенной биоты может сильно различаться, уровень почвенного плодородия и устойчивость почвенной экосистемы к неблагоприятным факторам среды также значительно варьирует.

На Земле по распространенности ведущее положение занимают **пять** типологических групп почв:

- почвы влажных тропиков и субтропиков, преимущественно красноземы и желтоземы, характеризующиеся богатством минерального состава и большой подвижностью органики;
- плодородные почвы саванн и степей - черноземы, каштановые и коричневые почвы с мощным гумусовым слоем;
- скудные и крайне неустойчивые почвы пустынь и полупустынь, относящиеся к различным климатическим зонам;
- относительно бедные почвы лесов умеренного пояса - подзолистые, бурые и серые лесные почвы;
- мерзлотные почвы, обычно маломощные, подзолистые, глеевые, обедненные минеральными солями со слабо развитым гумусовым слоем.

Таблица 12. Классификация некоторых почвенно-биотических комплексов в зависимости от климатических и географических условий.

| Тип почвы | Показатели | | | |
|-----------------------------------|-------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| | Урожайность | Устойчивость к токсикантам | Численность бактерий и актиномицетов | Численность грибов |
| Чернозем | Высокая | Высокая | Высокая | Средняя |
| Подзолистые и дерново-подзолистые | Средняя | Низкая | Средняя | Высокая |

Характер и интенсивность биологического круговорота зависят от трех факторов:

- состава растительности,
- гидротермического режима,
- комплекса организмов-трансформаторов.

В карбонатных черноземах, **характерных для Приднестровья**, широко распространены целлюлозоразлагающие микроорганизмы, численность которых составляет до полумиллиона клеток на 1 г почвы. В разложении целлюлозы активно участвуют бактерии, в том числе актиномицеты. Меньшую активность проявляют грибы. В поверхностном горизонте возделываемых участков этого типа почв высока численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов, значительную активность среди которых проявляют бактерии. Большая численность актиномицетов в выщелоченных черноземах свидетельствует о более медленном разложении целлюлозы в этих почвах.

Целлюлозоразлагающая активность почвы зависит от численности, состава и активности микрофлоры. Проведенные исследования показывают, что она определяется главным образом содержанием азота, влажностью почвы и составом растительных остатков в ней. Более активно разлагается органическое вещество с высоким содержанием азота, например остатки бобовых культур, при этом стимулируется размножение аммонифицирующих бактерий и накапливается усвояемый азот, необходимый для жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

По **видовому составу** в почве мы находим группы вирусов, бактерий, грибов, водорослей и простейших. Однако основными почвообразователями являются бактерии и грибы.

Численность бактерий, в том числе и актиномицетов, составляет 97% от всех почвенных микроорганизмов, при этом около 27% приходится на долю актиномицетов. В некультуренных почвах количество бактерий составляет около 1млн./г, а в окультуренных может достигать 10 млн./г, в навозе численность бактерий составляет около 30 млн./г. В весовом отношении масса бактерий составляет 0,5-15 т/га.

Эти организмы весьма лабильны по отношению к температуре и могут существовать как при низких, так и при высоких температурах. Активная жизнедеятельность бактерий возможна в пределах от -10°C до +60°C. В неблагоприятных условиях бактерии снижают жизненную активность, образуют споры и в этом состоянии способны переносить продолжительное обезвоживание, крайне низкие или крайне высокие температуры, действие высокого давления или вакуума.

Актиномицеты, составляя значительную часть бактериальной флоры почвенной биоты, активно участвуют в разложении органических веществ, в образовании и минерализации гумуса с высвобождением минеральных веществ. Актиномицеты обладают весьма важным свойством – способностью образовывать антибиотики, которые играют важную регулирующую роль в поддержании биологического равновесия в почве.

Численность грибов составляет около 3% от общего числа микроорганизмов, однако за счет обильного роста мицелия они накапливают большое количество биомассы и по этому показателю приближаются к бактериям. В весовом отношении масса грибов составляет 5-20 т/га.

Грибы устойчивы к кислой реакции почвенного раствора и являются основными обитателями микробиоты в кислых почвах. Наибольшее значение в этой группе почвенной микрофлоры имеют плесневые грибы, широко распространенные в верхнем слое почвы.

Грибы обладают специфическим высокоактивным ферментативным аппаратом, способны осуществлять окисление и разложение сложных углеводов, жиров, белков.

Численность водорослей, существующих в переувлажненных почвах, не имеет существенного значения, хотя играет определенную роль в структурировании такой почвы и обогащении ее кислородом. Водоросли, обогащая почвенный раствор кислородом, выделяемым в процессе фотосинтеза, способствуют развитию аэробных бактерий, важных для корневого питания растений. Особую роль водоросли играют при возделывании влаголюбивых сельскохозяйственных культур, например, риса. К этой же группе микроорганизмов относятся сине-зеленые водоросли и цианобактерии, обладающие способностью связывать атмосферный азот и обогащать им почву. Эти специфические организмы вступают в симбиоз с азоллой (водным папоротником) и обогащают азотом почвы в рисовых чеках.

Вирусы, как облигатные паразиты, существуют только внутри организмов своих хозяев, поэтому не играют роли в почвообразовании, но, накапливаясь в большом количестве при ведении монокультуры, вызывают изменения в качественном составе микрофлоры и определяют «утомление почв». Существуют даже специфические виды «почвоутомления», свойственные тем или иным многолетним сельскохозяйственным культурам, например «люцерновое» или «клеверное».

По функциональному составу в почве различают 4 основные группы:

- сапрофитная или зимогенная микрофлора,
- автохтонная микрофлора,
- олиготрофная микрофлора,
- хемоавтотрофная микрофлора.

Сапрофитная (зимогенная) микрофлора состоит из бактерий, актиномицетов, грибов, которые разлагают относительно простые органические вещества. Среди бактерий преобладают неспорообразующие *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Spirillum*, спорообразующие *Bacillus*, *Clostridium*, а также актиномицеты. Среди грибов преобладают *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Candida*, *Rhodotorula*. В южных, более плодородных почвах, эта группа представлена большим количеством видов, чем в северных. Видовой и количественный состав этой группы сильно зависит от условий внешней среды, быстро увеличивается при внесении в почву органических удобрений.

Автохтонная микрофлора разлагает гумус. Это бактерии родов *Nocardia*, *Mycobacterium*, *Bacterium*, *Pseudomonas*, а также грибы из родов *Aspergillus*, *Penicillium*. Разрушая гумус, эти микроорганизмы формируют почвенный профиль, определяют накопление железа и алюминия в определенных горизонтах. Количественный и качественный состав этой группы почвенной микрофлоры определяется типом почвы, весьма стабилен. Изменения могут происходить в соответствии с количеством накопленного гумуса, а это процесс весьма длительный.

Олиготрофная микрофлора характеризуется тем, что завершает разложение органических веществ. Эти микроорганизмы не выдерживают высоких концентраций органических веществ, тесно взаимодействуют с зимогенной микрофлорой, так как связаны с ней по пищевой цепи, используя продукты метаболизма сапрофитных микроорганизмов. Микроорганизмы этой группы делятся на две разновидности:

- олигонитрофилы, которые разлагают остатки органических веществ, содержащих азотные соединения,
- олигокарбофилы, которые разлагают остатки безазотистых органических соединений.

Типичным признаком олиготрофов является их принадлежность к морфологической группе бактерий со сложной морфологией. Им присущи различные выросты, простеки, стебельки, форма клеток также сложная.

Хемоавтотрофная микрофлора использует только неорганические вещества в качестве источника питания. Эти микроорганизмы завершают круговорот веществ в почве, создавая из неорганических веществ органические, которые после гибели клеток хемотрофов, становятся опять источником питания для зимогенных микроорганизмов. Типичными представителями этой группы микроорганизмов являются нитрификаторы, денитрификаторы, сульфификаторы и десульфификаторы, железобактерии, цианобактерии, одноклеточные водоросли.

Многие виды микроорганизмов в процессе жизнедеятельности выделяют ростовые и антибиотические вещества, влияющие как на корневую систему растений, так и на всех участников почвенного биоценоза.

В условиях южного Причерноморья, куда входит и Приднестровье, в зимний период времени численность микрофлоры почвы достаточно высока, колебания численности микрофлоры в течение зимы весьма незначительны, что связано с увеличением продолжительности периода покоя большинства микроорганизмов, которые размножаются не так часто, как в летнее время. Динамика роста микрофлоры носит следующий характер: вслед за каждым увеличением численности микроорганизмов она резко падает, что обусловлено влиянием токсических веществ, которые накапливаются в почве в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. После массовой гибели микроорганизмов в почве накапливается значительное количество микробной биомассы, которая подлежит минерализации. Вместе с ней в почву поступают питательные вещества, включенные в микробные клетки. Минерализация этой микробной биомассы протекает наиболее интенсивно в периоды с высокой температурой.

Зимой отмечается более высокая численность микроорганизмов, использующих для питания минеральный азот, который они превращают в своих клетках в органический, тогда как в летний период преобладает микрофлора, участвующая в процессах минерализации.

В общей почвенной биосистеме микроорганизмы, выделяя специфические продукты жизнедеятельности, взаимодействуя друг с другом и с корневой системой растений, вступают в разнообразные типы отношений. Чаще всего наблюдаются следующие типы взаимоотношений:

- **метабиоз** или метабиотические отношения, когда одна группа микроорганизмов использует продукты жизнедеятельности другой группы микроорганизмов. ***Этот тип взаимоотношений характерен для микроорганизмов.***
- **синтродные** отношения, когда два вида растут на субстрате только совместно, а в отдельности они существовать не могут (в основе лежит нейтрализация какого-либо вида токсических соединений одним видом для другого, а другого вида токсических соединений вторым видом для первого). ***Этот тип взаимоотношений характерен для микроорганизмов.***
- **прямой паразитизм** (*Bdellovibrio bacteriovorum* (паразитирует на кишечной палочке, что позволяет использовать этот вид при очистке сточных вод), *Darlusa* (гриб, паразитирующий на ржавчинных грибах), возбудители болезней растений). ***Этот тип взаимоотношений характерен для микроорганизмов и растений.***
- **хищничество** (хищные грибы *Артроботрис*). ***Этот тип взаимоотношений характерен для микроорганизмов.***
- **симбиоз** (бактериориза, актинориза, микориза). ***Этот тип взаимоотношений характерен для микроорганизмов и растений.***

Внесение удобрений и пестицидов, обработка почвы различными сельскохозяйственными машинами являются антропогенными факторами, влияющими на состав почвенной микрофлоры. Эти вещества и действия производятся человеком, вносятся по определенным технологиям, в определенных концентрациях, то есть полностью зависят от степени развития человеческой цивилизации. В древнем земледелии человек во многом полагался на природные силы в отношении удобрения (например, цивилизация Египта напрямую зависела от разливов Нила, приносявших на поля удобрительный ил), в лучшем случае в почву вносили разного рода органические удобрения, а обработка почвы сводилась к пахоте простыми орудиями (соха, мотыга, простейший плуг).

В современном земледелии использование минеральных удобрений является выгодным, хорошо изученным приемом, позволяет обогащать почвы питательными веществами, получать высокие урожаи. Правильное сочетание минеральных и органических удобрений, использование современных средств защиты растений, как химического, так и биологического характера в оптимальном сочетании, позволяет человеку получать значительные урожаи при сохранении экологической безопасности. Правильная обработка почвы является важнейшим условием достижения высоких урожаев, так как при этом учитываются особенности структуры почвы и зона земледелия.

Обработка почвы. В течение истории развития человечества приемы по обработке почвы претерпевали постоянные изменения. В 20-ом веке сформировались различные теории обработки почв: от полного оборота пласта (по Вильямсу) до безотвальной обработки почвы (по Мальцеву). В современном представлении все эти теории имеют право на существование, поскольку применимы в различных климатических зонах. При выборе метода обработки почвы нужно учитывать следующие показатели:

- под какую культуру готовится плантация (будет ли корневая система вынослива к засухе, если делать безотвальную вспашку на богаре),
- оставлять ли стерню на богаре для борьбы с ветровой эрозией,
- каков тип почвы,
- как проводить борьбу с сорняками.

Для стимуляции активности почвенной микрофлоры лучше всего использовать рыхление всех слоев и перемещение их в обратном порядке. При этом органика нижнего горизонта попадает в верхние слои почвы в аэробные условия и подвергается минерализации, что улучшает плодородие почвы.

Влияние пестицидов на микрофлору почвы. Пестициды делятся по объекту применения: инсектициды, фунгициды и бактерициды, гербициды. Наиболее существенное значение на почвенную микрофлору оказывают гербициды, которые вносятся непосредственно в почву. Значительное действие могут также оказывать пестициды искореняющего действия. Средства борьбы с вредителями и болезнями не столь ощутимо действует на микрофлору почвы, так как применяется в небольших объемах.

Пестициды различаются по химическому составу.

Из них наиболее токсическим действием обладают пестициды фосфорорганической и хлорорганической групп, соединения меди и производные фенола. Эти вещества могут проявлять избирательную токсичность к отдельным видам микроорганизмов.

Менее токсичны карбаматы и производные мочевины.

Практически нетоксичны для микроорганизмов почвы симметриазиновые гербициды и гербициды группы 2,4-Д. Отдельные препараты даже способны стимулировать рост и размножение некоторых видов и групп микроорганизмов.

Для эколого-агрохимической оценки при нормировании пестицидов в почве используют следующие критерии: длительность сохранения препарата в почве, его действие на почвенную биоту и ферментативные процессы, характер миграции в контактирующие с почвой среды и объекты, степень поступления в культурные растения и фитотоксическое действие через почву, реакция пестицида на инсоляцию.

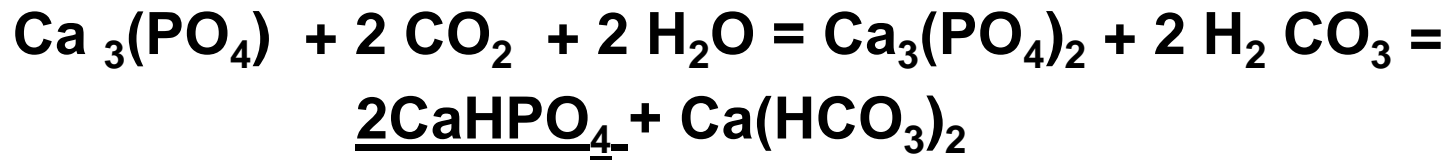
Влияние удобрений на микрофлору почвы. В сельском хозяйстве применяют органические и минеральные удобрения. Органические удобрения весьма положительно влияют на почвенную биоту, так как являются источником питания для многочисленных сапрофитов, составляющих основу почвенной микрофлоры, и повышают плодородие почв. Минеральные удобрения стимулируют развитие в основном хемотрофной группы почвенной микрофлоры. Действие различных видов минеральных удобрений неодинаково для разных групп биоты почвы.

Так, **азотные удобрения** в основном стимулируют развитие микрофлоры, но внесение большого количества аммиачных солей может подавлять жизнедеятельность почвенных грибов, так как при их внесении рН почвенного раствора смещается в щелочную сторону.

Фосфорные удобрения стимулируют размножение бактерий, но при высоких дозах угнетают актиномицетную группу микроорганизмов. Внесение низких и средних доз фосфорных удобрений вызывает ускорение процессов разложения легко минерализующихся органических веществ, высокие дозы фосфорных удобрений способствуют разложению трудно минерализующихся органических веществ.

Калийные удобрения оказывают слабое влияние на микрофлору. При высоких дозах они могут несколько угнетать бактериальную группу почвенной биоты, но в целом очень положительно влияют на разложение трудно минерализующихся органических веществ, где основную роль играют грибы и актиномицеты.

Нерастворимые неорганические фосфатные формы в почве переводятся в растворимые и становятся доступными для растений благодаря деятельности таких микроорганизмов, как бактерии родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Mycobacterium* и грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*. Химизм процесса сводится к взаимодействию нерастворимых фосфатов с угольной кислотой, образующейся из углекислого газа и воды:



Аналогичные превращения наблюдаются в результате взаимодействия апатитов с азотной или серной кислотой (продуктами деятельности нитрифицирующих и серных бактерий), а также с органическими кислотами, образующимися при брожении органики в почве.

"Память" почвы - один из составляющих компонентов процессов **саморегуляции**. За счет различных деградационных процессов у почвы наступает ухудшение "памяти", ей не из чего восстанавливать свое первоначальное плодородие. Человек должен помочь ей в этом, но почва должна сохранить память об образовании гумуса (необходимы растительные остатки и группы, разлагающие их). Продуценты, консументы, редуценты - все это "память" почвы. На все загрязнения, техногенные и деградационные процессы существует "память". **"Память" почвы является одним из самых определяющих моментов в экологии.** С этой точки зрения и рассматриваются различные ПДК, фоновые усредненные показатели и т.д. Для поддержания "памяти" почвы следует поддерживать естественное плодородие почвы (**вермикультура, органические удобрения** и т.д.).

Современные почвы характеризуются не только колоссальным **антропогенным загрязнением**, но и значительным **снижением** естественных природных механизмов, определяющих устойчивость и продуктивность экосистем, а также чистоту окружающей среды. Среди основных причин, приводящих к нарушению этих процессов, выступают **дегумификация** почвенного покрова, **увеличение кислотности** почв, **нарушение гидрологического режима, переуплотнение почв** и др. ухудшение экологического состояния почвенного покрова создает условия для продуцирования микроорганизмами необычайно токсичных веществ - микотоксинов, что может иметь непредсказуемые экологические последствия. В связи с этим следует поддерживать естественное плодородие почв.

Основным направлением в решении этого вопроса является систематическое внесение органических удобрений. Для нечерноземных почв доза их составляет 6-7 т/га. Эффективным является и применение сидератов. Хорошие результаты дает применение соломы, 1 т которой эквивалентна 3,5-4 т навоза. Создание повышенного органического фона будет способствовать активизации биологических процессов в почве, что положительно скажется на обеспеченности растений питательными веществами и биологически активными соединениями, на лучшем фитосанитарном состоянии почв. В свою очередь, повышение этих показателей явится основой для экономии энергетических ресурсов.

Проблема экологических функций почв представляется как синтез двух важнейших категорий почвенных функций – биогеоценотические (экосистемные) и глобальные (биосферные).

Почвенное звено во взаимоотношении геосфер Земли является одним из центральных, поскольку появляется все больше доказательств исключительного значения почвы в нормальном функционировании поверхностных оболочек Земли.

Глобальные функции почв включают:

- интегрирующая и управляющая функция в биогеоценозе,
- обеспечение жизни на Земле,
- упорядочивание всех потоков веществ в биосфере,
- связующее звено в биогеохимических циклах,
- регуляция состава атмосферы и гидросферы,
- накопление гумуса в поверхностной части коры выветривания,
- биогенное накопление, трансформация и перераспределение энергии Солнца,
- регулятор биоразнообразия, обеспечивающий сохранность различных почвенных обитателей.

Гидросферные функции почв

1). *Участие почвы в формировании речного стока и водного баланса:*

В зависимости от фильтрационной и водоудерживающей способности почв изменяется соотношение поверхностного и подземного стоков. Если эти показатели малы, то полный речной сток почти равен атмосферным осадкам и состоит из поверхностных вод, а питание подземными водами слабое. И наоборот.

В зависимости от генетического типа почв изменяется поверхностный сток (минимум на черноземах, т. к. у них наибольшая водопроницаемость)

От почвы зависит, какая часть атмосферных осадков поступит с водоразделов реки в виде поверхностного стока, а какая – в виде грунтового, что в значительной степени определяет равномерность питания рек.

2). *Трансформация атмосферных осадков(А.О.) в почвенно-грунтовые и грунтовые воды*

Грунтовые воды – подземные воды, расположенные ниже почвенной толщи и дренируемые реками.

Почвенно-грунтовые – если зеркало таких вод постоянно или временно располагается в пределах почвенного профиля.

Изменение химического состава вод при прохождении А.О. через почвенный профиль

Изменение газового состава А.О., так как окисление органики (расход O_2 и выделение CO_2) в итоге обогащение растворами карбонатов

Обогащение А.О. химическими соединениями почв в зависимости от типа почв.

3). *Почва как фактор биопродуктивности водоемов.*

В результате привноса почвенных соединений водоемы получают большое количество биофильных элементов и гумуса – **эвтрофирование**.

4). *Почвенный защитный барьер акваторий*

Почвы благодаря своей огромной активной поверхности в состоянии поглощать многие вредные соединения на пути их миграции в водные экосистемы, а также снижать избыточное количество биофильных элементов.

Атмосферные свойства почв

1). Почва как фактор формирования и эволюции газового состава атмосферы

Опосредованное влияние – функционирование наземных биоценозов (которые контролируют многие параметры атмосферы – содержание O_2 , CO_2 , микрогазов и др.) зависит от свойств почв.

Прямое – газообмен между почвой и воздушной оболочкой (В. И. Вернадский говорил: «газы биосферы те же, которые создаются при газовом обмене живых организмов»).

2) Почва – регулятор газового состава современной атмосферы

Существенное воздействие почвы на газовый состав атмосферы обусловлено также сильным различием их газовой фазы. Хотя почвенный воздух и отличается по составу в десятки и сотни раз от атмосферного; происходит высокоскоростной взаимообмен с ним.

3) Почва – источник и приемник твердого вещества и микроорганизмов атмосферы

Двустороннее движение твердого вещества и микроорганизмов в системе почва – атмосфера (они попадают в воздушную оболочку с почвенной поверхности, а спустя некоторое время вновь возвращаются на нее, переместившись на большое расстояние) обусловлено потоками воздушных масс значительной силы, способных отрывать мелкозем.

4) Влияние почвы на энергетический обмен и влагооборот атмосферы

Воздействие почвы на тепловой режим атмосферы определяется поглощением и отражением почвенной солнечной радиации (динамика тепла и влаги в нижних слоях атмосферы).

Почва способствует увеличению общего количества водяного пара, поступающего в атмосферу и, посредством местного круговорота, выравнивает процесс водообеспечения ландшафтов.

3. Литосферные функции почв

1). Почва – защитный слой и фактор развития литосферы

Почвенно-растительный чехол защищает поверхность литосферы от мощного фронтального эрозионного воздействия текучих вод (в его отсутствие произошло бы). Почва уравнивает процессы развития литосферы (эндо- и экзогенные факторы ее эволюции, внутренние и внешние источники энергии литосферы).

2). Биохимическое преобразование приповерхностной части литосферы

Косвенная роль – без почвы (а она основная среда обитания организмов суши) активное биохимическое изменение литосферы было бы невозможно

Непосредственное участие – почва – поставщик органических кислот, которые разлагают первичные минералы; продукты жизнедеятельности м/о мобилизуют химические элементы, законсервированные в кристаллических решетках (пример: микробиологическая деструкция минералов на ранних стадиях почвообразования).

3). Почва – источник вещества для формирования пород и полезных ископаемых

Исходное накопление органогенного материала на поверхности Земли и последующая его трансформация в более глубоких слоях приводит к образованию органогенных полезных ископаемых – торфов, углей, нефти находящихся в тесной связи с почвообразованием и выветриванием находится формирование минеральных полезных ископаемых.

4) Передача аккумулятивной солнечной энергии и вещества атмосферы в недра Земли.

Почва участвует в передаче вещества атмосферы в недра Земли (в процессе почвообразования происходит поглощение газов, которые в составе почвенных соединений поступают в осадочные породы).

Общебиосферные функции почв

1). Почва как среда обитания для организмов суши

Почвенная среда обитания – аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши

2). Роль почвенного покрова в дифференциации географической оболочки и биосферы

Характер почвенного покрова определяет обособление зон, хотя основной фактор формирования географических зон

3). Почва – связующее звено биологического и геологического круговоротов

Биокруговорот направлен на аккумуляцию и удержание элементов на водоразделах, а в геологическом круговороте доминирует одно направление потока вещества – накопление в акваториях.

При нарушении почвенного покрова биокруговорот ослабляется, а геологический круговорот усиливается.

4). Почва как фактор биологической эволюции

Почва – промежуточная среда (между водной и воздушной) через которую возможен постепенный переход от водного образа жизни к наземному без резкого изменения организации живого.

Функции почвы в наземных экосистемах

- 1). Источник элементов питания
- 2). Механическая опора растений
- 3). Жизненное пространство, жилище и убежище
- 4). Депо семян и других зачатков
- 5). Почвенный мелкозем сорбирует микроорганизмы (больше те почвы, у которых более тяжелый механический состав и более высокое содержание гумуса)
- 6). Функция стимулятора и ингибитора биохимических и других процессов (поступающие в почву разнообразные продукты метаболизма растений, микроорганизмов и животных могут стимулировать или угнетать жизнедеятельность живых организмов).

6. Информационные функции почв

- Память биogeоценоза (ландшафта). Почва является отражением изменения окружающей среды, так как она полностью зависит от условий среды
- Функция сигнала для сезонных и других биологических процессов. Параметры почвы – тепловой, водный, пищевой, солевой режимы – изменяются периодически. Определяет «включение» различных процессов.

7. Санитарная функция (переработка ежегодно попадающих отходов жизнедеятельности организмов, растительного опада, посмертных останков животных).