

**Лекция 7. Мониторинг окружающей природной среды. Агроэкологический мониторинг.
Экологическая оценка загрязнения территории.**

Вопросы к рассмотрению.

1. Мониторинг окружающей природной среды. Научные, методические и организационные основы его проведения.
2. Агроэкологический мониторинг.
3. Роль агроэкологического мониторинга в совершенствовании управления и организации функционирования агроэкосистем. Цели, задачи, содержание, объекты, принципы проведения. Блок-схема системы агроэкологического мониторинга.
4. Критерии экологической оценки территории.

1. Мониторинг окружающей природной среды. Научные, методические и организационные основы его проведения.

Слово "**мониторинг**" в современном понимании впитало смысловые значения латинского "monitor" - надзирающий, предупреждающий, напоминающий и английского "monitor" - наставник, контрольное устройство. Появление термина "мониторинг" в официальных документах относят к **Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды (Стокгольм, 5—6 июня 1972 г.)**. **Глобальная система мониторинга была учреждена в 1975 г.** в решениях программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП). Она состоит из пяти взаимосвязанных подсистем: исследования климата, отдаленного переноса загрязняющих веществ, гигиенических аспектов окружающей среды, океана и возобновимых ресурсов суши.

При нынешнем размахе хозяйственной деятельности и глобальном характере происходящих изменений **мониторинг является основным инструментом** для выработки рекомендаций по стратегии управления компонентами природной среды. Сознательное управление окружающей средой возможно только при систематических наблюдениях за ее состоянием, оценке этого состояния, целенаправленных повторных наблюдениях (контроле этого состояния) и прогнозировании возможных изменений. Такие систематические наблюдения позволяют выявить систему многоуровневых взаимодействий между отдельными компонентами природной среды и факторами человеческой деятельности.

Таким образом, в понятие "мониторинг" вкладывают различные виды деятельности:

- наблюдение и оценку,
- контроль и прогноз состояния объекта, процесса или явления для управления качеством окружающей среды.

Основой охраны окружающей среды является мониторинг за ее состоянием. Существует много видов мониторинга (слежения) за состоянием как отдельных показателей окружающей среды, так и в целом состояния экосистем и техно-экосистем.

Мониторинг – это система контроля, оценки и прогноза качества окружающей природной среды, включающая наблюдения за воздействием на нее человека.

В зависимости от **цели и объектов наблюдения** мониторинг включает:

- *Экологический мониторинг* имеет целью оценку и прогноз антропогенных изменений в экосистемах и ответной реакции биоты на эти изменения.
- *Климатический мониторинг* – служба контроля и прогноза колебаний климатической системы.
- *Санитарно-гигиенический мониторинг* касается контроля за загрязнением окружающей среды и сопоставления ее качества с гигиеническими ПДК, разработанными для защиты здоровья населения.

В зависимости от **объема** контролируемой среды различают мониторинг:

- *Базовый* (слежение за состоянием и прогнозирование изменений природных процессов).
- *Глобальный* (слежение за изменением биосферных процессов).
- *Импактный* (слежение за локальными и региональными антропогенными воздействиями).

Основные методы экомониторинга:

- Наблюдение,
- Учеты отдельных элементов экосистем,
- Измерение химических и/или физических показателей окружающей среды.
- Оценка фактического состояния экосистемы.
- Прогноз состояния экосистемы (составление моделей развития экологической ситуации с учетом изменения показателей в динамике).
- Оценка прогнозируемого состояния.

Блок-схема системы мониторинга представлена на рис. 1.

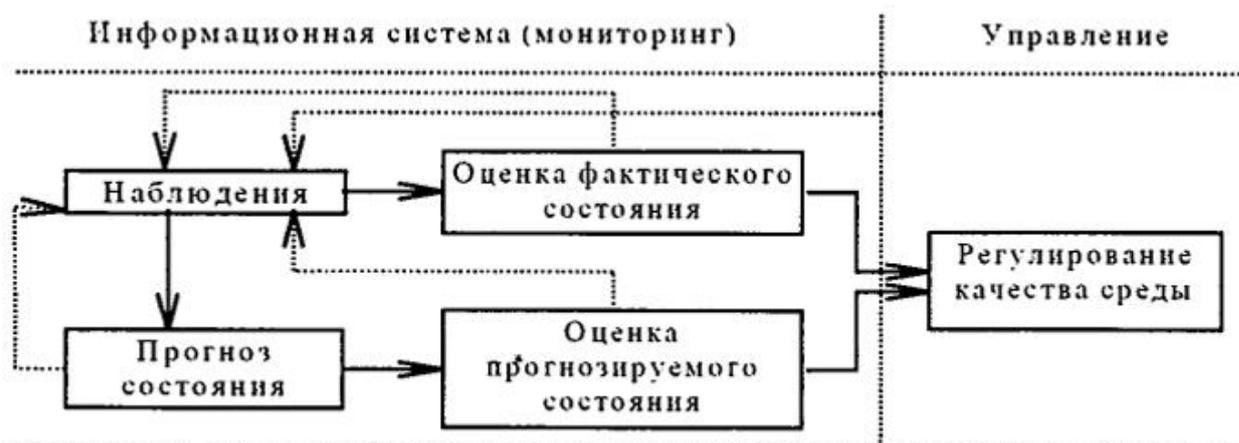


Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга.

Принципы организации системы мониторинга. Для обеспечения эффективности мониторинга его построение должно базироваться на ряде основополагающих установок - принципах. Основные из них следующие:

1. **Комплексность.** Все в природе взаимосвязано - любой материальный объект, процесс или явление зависит от других объектов и различных факторов, поэтому мониторинг какого-либо объекта должен рассматриваться не как автономная система, а в совокупности с другими объектами, процессами и явлениями, для перехода от обеспечения оценочной и прогнозной информацией процесса управления данным объектом к процессу управления всеми объектами окружающей среды, т. е. к оптимизации всего процесса природопользования.
2. **Системность.** В данном аспекте мониторинг рассматривается как система различных видов деятельности и мероприятий (наблюдение и контроль, оценка и прогноз) по различным направлениям (научной, научно-методической, методико-прикладной, прикладной, технико-информационной), одновременно скоординированных во времени и пространстве для достижения общей цели - более полного и оперативного обеспечения необходимой информацией всех ее потребителей.
3. **Иерархичность.** Любые объекты, процессы и явления могут развиваться, как совокупность объектов высшего ранга, включающие объекты низшего ранга. Иерархичность предусматривает построение мониторинга в виде соподчиненной системы, в которой обеспечивается взаимодействие подсистем и подчиненность целей функционирования подсистем низшего ранга задачам подсистем более высокого ранга.
4. **Автономность.** Мониторинг на любом уровне соподчиненности рассматривается, как самостоятельная система деятельности, решающая проблему управления объектом, явлением или процессом на данном уровне и обладающая собственным критерием оптимальности, т. е. возможностью решения проблем управления объектом, процессом, явлением на данном уровне соподчиненности.
5. **Динамичность.** Предполагается, что система мониторинга не застывшая система, а процесс постоянного его развития, в ходе которого совершенствуется структура и методическая основа системы, состав и перечень решаемых задач, технические средства, обслуживающие мониторинг, методы формирования, обновления и использования нормативной информации.
6. **Оптимальность.** Наиболее важная часть, предполагающая максимальную экологическую и экономическую эффективность создания и эксплуатации системы мониторинга.

Научные, методологические и организационные основы мониторинга в сфере охраны окружающей среды представлены в таблице 1.

Таблица 1. Система мониторинга.

Показатели системы	Разновидности показателей	Характер показателей
Уровни	Космический	
	Солнечной системы и околоземного пространства	
	Планеты Земля	
Блоки и объекты	Геосферный	
	Биосферный	
	Геоэкологический	
	Биоэкологический	

	Природно-хозяйственный	
	Санитарно-гигиенический (экологический)	
Принципы	Комплексность	
	Системность	
	Иерархичность	
	Автономность	
	Динамичность	
	Оптимальность	
Масштабы явлений и процессов	Природных	Глобальный
		Региональный
		Топологический
		Биогеоценотический
		Локальный (фациальный)
	Социально-экономических	Межгосударственный
		Государственный
		Областной
		Районный
		Внутрихозяйственный
Методы	Прямые	Стационарный
		Маршрутный
		Рекогносцировочный
		Инструментальный
		Визуально-описательный
	Дистанционные	Авиационный
		Аэровизуальный
		Космический
Косвенные (опосредованные)		
Сроки и время	Оперативный	
	Периодический	
	Постоянный	
	Краткосрочный	
	Среднесрочный	
	Долгосрочный	
Направление мониторинга	Научно-методический	
	Методико-прикладной	
	Прикладной	
	Информационно-технический	

2. Агроэкологический мониторинг.

Агроэкологический мониторинг является важной составляющей общей системы мониторинга и представляет собой общегосударственную систему наблюдений и контроля за состоянием и уровнем загрязнения агроэкосистем (и сопредельных с ними сред) в процессе интенсивной, сельскохозяйственной деятельности.

Основная конечная цель его - создание высокоэффективных, экологически сбалансированных агроценозов на основе рационального использования и расширенного

воспроизводства природно-ресурсного потенциала, грамотного применения средств химизации и т. д.

В системе агроэкологического мониторинга важной базовой составляющей является комплексная эколого-токсикологическая оценка исследуемых объектов.

Определение набора показателей для эколого-токсикологической оценки представляет собой самостоятельную методическую задачу, решая которую целесообразно учитывать:

- почвенно-климатические характеристики регионов;
- наиболее вероятные (на основе многолетних данных) метеорологические условия, включая особенности перемещения воздушных масс;
- возможность загрязнения агроэкосистем промышленными выбросами близлежащих предприятий; объемы и состав, токсичность выбросов (при обязательном учете розы ветров);
- применяемые технологии обработки почв и использования средств химизации (удобрения, средства защиты растений, химические мелиоранты).

Обязательное условие - проведение исходного химического анализа вод, почв, растений (в том числе по биогенным элементам: Cl, F, Se, B, Br, As, NO₃, NO₂, нитрозоаминам; тяжелым металлам: Be, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co, Mo, Ni, Hg, V, Sn; остаткам средств защиты растений; обязательно — ДДТ (ДДЭ), бенз(а)пирен, диоксины. При этом целесообразно использовать технологические карты и архивные материалы.

Если в регионе возможно радионуклидное загрязнение, то при определении набора показателей для проведения эколого-токсикологической оценки добавляют гаммаспектрометрию и радиометрию образцов почв, вод и растений.

Обязательное условие проведения эколого-токсикологической оценки - **исходный анализ** вод, почв, растений по комплексу выбранных показателей на **фоновой территории** (на достаточно большом участке ненарушенного ландшафта). В этом случае представляется возможным проследить динамику изменений экологического состояния исследуемой агроэкосистемы, в том числе и при проведении природоохранных мероприятий. Площадь выбираемого фонового участка зависит от условий того или иного региона.

При достаточном облесении и низком промышленном воздействии такие площади могут не превышать 1...1,5 га. В степных регионах, особенно при наличии экологически небезопасных предприятий (химические и металлургические производства, ТЭЦ и др.), указанные площади должны быть в 100...200 раз больше. **Располагать фоновые участки** надо с учетом розы ветров в соответствии с **размещением** оцениваемых агроэкосистем.

Контроль за накоплением растениями токсичных соединений и качеством растительной продукции входит в число системообразующих задач агроэкологического мониторинга. Токсикологическая же оценка продукции растениеводства определяет эколого-экономическую эффективность всего технологического комплекса возделывания культур. Исходными данными для решения этих вопросов должны служить материалы агроэкологического мониторинга.

Сообразуясь с требованиями экологической безопасности, необходим обязательный контроль по основным блок-компонентам агроэкосистем. Различные виды органических удобрений необходимо анализировать на содержание в них макро- и микроэлементов, патогенной микрофлоры и яиц гельминтов. В **нетрадиционных видах органики** (сапропели, всевозможные компосты, сырьем для которых служат отходы промышленных

и сельскохозяйственных предприятий) следует дополнительно определять содержание тяжелых металлов и остаточных количеств пестицидов.

Остаточные количества пестицидов в почве и растениях определяют официальными методами, утвержденными уполномоченными на то органами (Госхимкомиссия, Минздрав и др.). Оценивают получаемую информацию сравнением с нормативами ПДК и МДУ в почве и растениях. Параллельно с остаточным количеством пестицидов в растительных образцах на основе стандартных методов исследуется содержание азотсодержащих токсикантов (NO_2 , NO_3 , нитрозоамины), тяжелых металлов, фтора, мышьяка, хлора, ряда микроэлементов.

Основные задачи оценки сводятся к следующим:

- выявление и комплексная характеристика источников загрязнения природной среды;
- слежение за загрязнителями по всем возможным каналам их миграции, оконтуривание зон вероятного влияния на живые организмы, выявление участков депонирования загрязнителей;
- биогеохимическая оценка миграции и концентрации загрязнений как непосредственно в зонах загрязнения, так и при переносе их по трофическим цепям;
- определение динамики загрязнения среды, скорости и объемов поступления, распространения и выведения изучаемых соединений; получение прогнозных материалов.

Важное значение в агроэкологическом мониторинге придают определению суммарной вредности (или безвредности) растениеводческой продукции.

3. Роль агроэкологического мониторинга в совершенствовании управления и организации функционирования агроэкосистем. Цели, задачи, содержание, объекты, принципы проведения. Особенности и блок-схема системы агроэкологического мониторинга.

В задачи агроэкологического мониторинга входят:

- организация наблюдений за состоянием агроэкосистем;
- получение систематической объективной и оперативной информации по регламентированному набору обязательных показателей, характеризующих состояние и функционирование основных компонентов агроэкосистем;
- оценка получаемой информации;
- прогноз возможного изменения состояния данного агроценоза или системы их в ближайшей и отдаленной перспективе;
- выработка решений и рекомендаций; консультации;
- предупреждение возникновения экстремальных ситуаций и обоснование путей выхода из них;
- направленное управление эффективностью агроэкосистем.

Основными **принципами** агроэкологического мониторинга являются:

- Комплексность, т.е. одновременный контроль за тремя группами показателей, отражающих наиболее существенные особенности variability агроэкосистем (показатели ранней диагностики

изменений; показатели, характеризующие сезонные или кратко срочные изменения; показатели долгосрочных изменений).

- Непрерывность контроля за агроэкосистемой, предусматривающая строгую периодичность наблюдений по каждому показателю с учетом возможных темпов и интенсивности его изменений.
- Единство целей и задач исследований, проводимых разными специалистами (агрометеорологами, агрохимиками, гидрологами, микробиологами, почвоведом и т. д.) по согласованным программам под единым научно-методическим руководством.
- Системность исследований, т.е. одновременное исследование блока компонентов агроэкосистемы: атмосфера - вода - почва - растение - животное - человек.
- Достоверность исследований, предусматривающая, что точность их должна перекрывать пространственное варьирование, сопровождаться оценкой достоверности различий.
- Одновременность (совмещение, сопряженность) наблюдений по системе объектов, расположенных в различных природных зонах.

Основными **блок-компонентами агроэкосистем** являются атмосфера, вода, почва, растения. Проведение мониторинга по каждому из этих объектов имеет определенные особенности.

Почвенный экологический мониторинг состоит из трех последовательных взаимосвязанных частей: контроль (наблюдения) за состоянием почв и почвенного покрова и оценка их пространственно-временных изменений; прогноз вероятных изменений состояния почв и почвенного покрова; научно обоснованные рекомендации по направленному регулированию основных средств и режимов в почвах, непосредственно определяющих их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур.

Получаемая на базе мониторинга информация об изменении свойств почвы, почвенных режимов и процессов под воздействием естественных факторов почвообразования и антропогенных нагрузок служит основой для моделирования почвенного плодородия.

Задача мониторинга состояния почвенного покрова - обеспечение регулярного контроля за:

- использованием земель (соответствие природного потенциала земель их производственному назначению);
- однородностью почвенного покрова полей (контурность, пятнистость, образование микрорельефа и др.);
- эрозионными процессами (увеличение числа оврагов, дефляция поверхности, перемещение барханов, дюн и др.);
- оползневыми и селевыми наносами;
- подсклоновым заилением, заболачиванием, засолением, опустыниванием и другими негативными процессами.

Наблюдения за состоянием почвенного покрова, как правило, осуществляют путем наземного почвенного картирования.

Усиление негативных антропогенных воздействий, обуславливающих нарушение почв и снижение их плодородия, требует **включения** в программы **почвенно-экологического мониторинга следующих задач**:

- определение **потерь почвы** (в том числе скорости потерь) в связи с развитием **водной эрозии** и дефляции;
- контроль за **изменением кислотности и щелочности** почв (прежде всего в районах с повышенными дозами внесения минеральных удобрений при осушении и орошении, а также при использовании мелиорантов и промышленных отходов в окрестностях крупных промышленных центров, которые характеризуются высокой кислотностью атмосферных осадков);
- контроль за изменением **водно-солевого режима** и водно-солевых балансов мелиорируемых, удобряемых или каким-либо другим способом изменяемых почв;
- выявление территорий с **нарушенным балансом** основных элементов питания растений; обнаружение и оценки скорости потерь почвами гумуса, доступных форм азота и фосфора;
- контроль за **загрязнением почв тяжелыми металлами**, выпадающими с атмосферными осадками, и за локальным загрязнением их тяжелыми металлами в зонах влияния промышленных предприятий и транспортных магистралей;
- контроль за **загрязнением почв химическими средствами защиты** растений в районах их постоянного использования (например, на рисовых полях);
- контроль за **загрязнением почв детергентами и бытовыми отходами**, особенно на территориях с высокой плотностью населения;
- сезонный и **долгосрочный контроль за структурой** почв и содержанием в них элементов питания растений, за водно-физическими свойствами и уровнем грунтовых вод;
- экспертная **оценка вероятности изменения свойств почв** при сооружении гидромелиоративных систем, внедрении новых систем земледелия и технологий, строительстве крупных промышленных предприятий и других объектов.

Многообразие природных условий и факторов антропогенных воздействий на почвы, сложность почвенных структур обуславливают необходимость разработки **дифференцированных программ (форм)** почвенно-экологического мониторинга.

Начальный этап мониторинга (первая форма) позволяет оценить состояние почв и почвенного покрова, масштабы воздействия антропогенных факторов, направленность и интенсивность развития негативных процессов и выбрать (в соответствии с базовыми принципами мониторинга) объекты для последующих исследований.

Стационарная форма почвенно-экологического мониторинга (**вторая форма**) реализуется по расширенной программе комплексных исследований свойств и параметров почв, режимов и процессов, протекающих в них. Для **длительных и комплексных наблюдений стационарный участок** должен включать **группу достаточных по размерам площадок**, которые охватывали бы все виды почв, различающихся по степени проявления тех или иных процессов, например, при гидроморфизме мезоморфные почвы вершин повышений, глееватые почвы склонов, глеевые понижения рельефа. То же относится и к немелиорированным массивам. **Размеры** экспериментальных участков (площадок) трудно определить заранее. Их **устанавливают с учетом размеров и состояния** элементарных почвенных ареалов, длительности исследований, видов режимных исследований и периодичности наблюдений.

Третья форма мониторинга реализуется по **сокращенной** программе в процессе **маршрутных** обследований заранее выбранных участков или маршрутов (по тому же принципу, что и стационарных). При этом основное внимание уделяют репрезентативным диагностическим показателям, наиболее динамично меняющимся во времени (кислотность, ОВП, плотность и структурное состояние почвы, впитывание УГВ и т.д.).

Маршрутные обследования пространственно могут быть приурочены к стационарным участкам или их прокладывают по самостоятельным направлениям.

По своему содержанию **маршрутная система мониторинга** представляет собой форму **оперативного контроля** за состоянием почв и почвенного покрова, мелиоративных систем, агроэкосистем и продуктивностью земель. Периодичность (частота) маршрутов 1...3 за вегетационный период. В случае выявления негативных процессов (переосушение или подтопление площадей, утечка воды из дрен, изреженность и вымокание посевов, засоление, подкисление, осолонцевание, эрозия и т. д.) составляют соответствующие карты и картосхемы, специальные акты. При обнаружении значительных изменений в свойствах почв и структуре почвенного покрова оценивают целесообразность проведения дальнейших наблюдений на таких участках (территориях).

Четвертая форма мониторинга заключается в **сплошном** обследовании территории. Выходные информационные материалы при этой форме мониторинга составляют в первую очередь инвентаризационные картографические характеристики, а также картограммы агрохимических обследований и разработанные на этой основе рекомендации по рационализации землепользования.

Объекты мониторинга закладываются во всех сельскохозяйственных зонах. Они должны отражать типичные природные и сельскохозяйственные ландшафты и быть приурочены к местам наиболее интенсивного антропогенного воздействия. Параллельно выбирают фоновые территории (участки), представленные природными ландшафтами, почвы которых за последние 40...50 лет не испытывали или испытывали незначительные антропогенные нагрузки. Фоновыми территориями могут служить заповедники.

При **выборе объектов** мониторинга учитывают специализацию хозяйства, систему земледелия, способы обработки почв, систему севооборотов. Целесообразно выбирать объекты исследования (хозяйства) с разным экономическим уровнем.

На мелиорированных землях необходимо принимать во внимание способ орошения, тип дренажа, сроки функционирования оросительной или осушительной системы, состав оросительных и дренажных вод.

Одним из **основных блок-компонентов** агроэкосистем являются **растения**. В процессе агроэкологического мониторинга фиксируют не только количество и качество урожая в конце вегетации, но данные по всем динамическим показателям его формирования (накопление биомассы; формирование листовой поверхности для последующего расчета использования фотосинтетического потенциала, развитие ассимиляционной поверхности листьев; изменение структуры агрофитоценоза и его оптико-биологическая характеристика с оценкой КПД использования лучистой энергии; закладка и реализация элементов продуктивности растений).

Проведение таких наблюдений позволит уточнить сроки агротехнических и агрохимических мероприятий, контролировать развитие процессов формирования урожая. Зная оптимальные параметры отдельных элементов, можно регулировать их.

При интенсивных технологиях возделывания зерновых культур для целесообразного внедрения различных агротехнических мероприятий, направленных на увеличение урожайности, важен учет не только фаз, но и этапов развития растений.

В химическом составе **природных вод** можно выделить следующие группы соединений.

1. Ионы, определяющие степень минерализации воды. Это анионы — Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , и катионы — Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ .

2. Биогенные вещества: нитраты (NO_3^-), нитриты (NO_2^-), аммоний (NH_4^+), фосфаты (PO_4^{3-}), кремний (Si), органические соединения азота и фосфора.
3. Органические вещества - комплекс истинно растворимых и коллоидных органических соединений.
4. Растворенные газы (O_2 , CO_2 , H_2 и др.).
5. Микроэлементы (Li^+ , Pb^{2+} , Cs^+ , Be^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Cr^{2+} , Mo, V, Mn, Br^- , J, F, B).
6. Ионы водорода, определяющие кислотно-щелочное равновесие водных растворов (pH).
7. Радиоактивные элементы. Качество природных вод, контактирующих и взаимодействующих с почвой, тесно связано с почвенными процессами и техногенным воздействием на почву. Под влиянием антропогенных факторов в природных водах могут содержаться различные загрязняющие вещества: нитраты, нитриты, пестициды, фенольные соединения, синтетические поверхностно-активные вещества, тяжелые металлы и т. д.

Атмосферные осадки, вынося из атмосферы вещества-загрязнители, являются фактором экологического риска. Так, наличие в атмосфере окислов серы и азота создает опасность выпадения **кислотных дождей**.

Микрофлора почвы - основной фактор почвообразовательного процесса. Качество почвы определяется ее плодородием, важнейшими показателями которого являются биомасса микроорганизмов, интенсивность протекающих в почве биохимических процессов, таксономический состав микрофлоры и ее функциональное разнообразие.

Цели микробиологического мониторинга (как составной части агроэкологического мониторинга) можно определить следующим образом:

1. Получение информации по основным параметрам биологических свойств почвы в различных регионах страны.
2. Оценка соответствия почв нормативным требованиям.
3. Прогноз возможных путей эволюции почв под влиянием тех или иных агротехнических мероприятий.
4. Выдача нормативной информации для разработки корректировки агротехнических приемов, обеспечивающих расширенное воспроизводство почвенного плодородия и высокую продуктивность агроэкосистем.

Таким образом, микробиологический мониторинг призван выполнять контрольную функцию качества почвенной среды и предоставлять нормативную информацию, необходимую для разработки экологически безопасных агротехнологий.

Совокупность всех параметров антропогенного воздействия на агроэкосистемы должна учитываться при оценке хозяйственной деятельности аграрного предприятия. При этом важно руководствоваться блок-схемой агроэкологического мониторинга, представленного на рис. 2.

4. Критерии экологической оценки территории.

Проведение рационального природопользования на любых территориях требует объективной и комплексной экологической оценки состояния природной среды. Интегральная оценка состояния природной среды и геологической среды в частности (природно-геологической среды) является сложнейшей геоэкологической задачей, находящейся в познавательной методико-методологической цепочке: **системный подход** → **системный анализ** → **интегральная оценка**. Сложность ее заключается в слабой

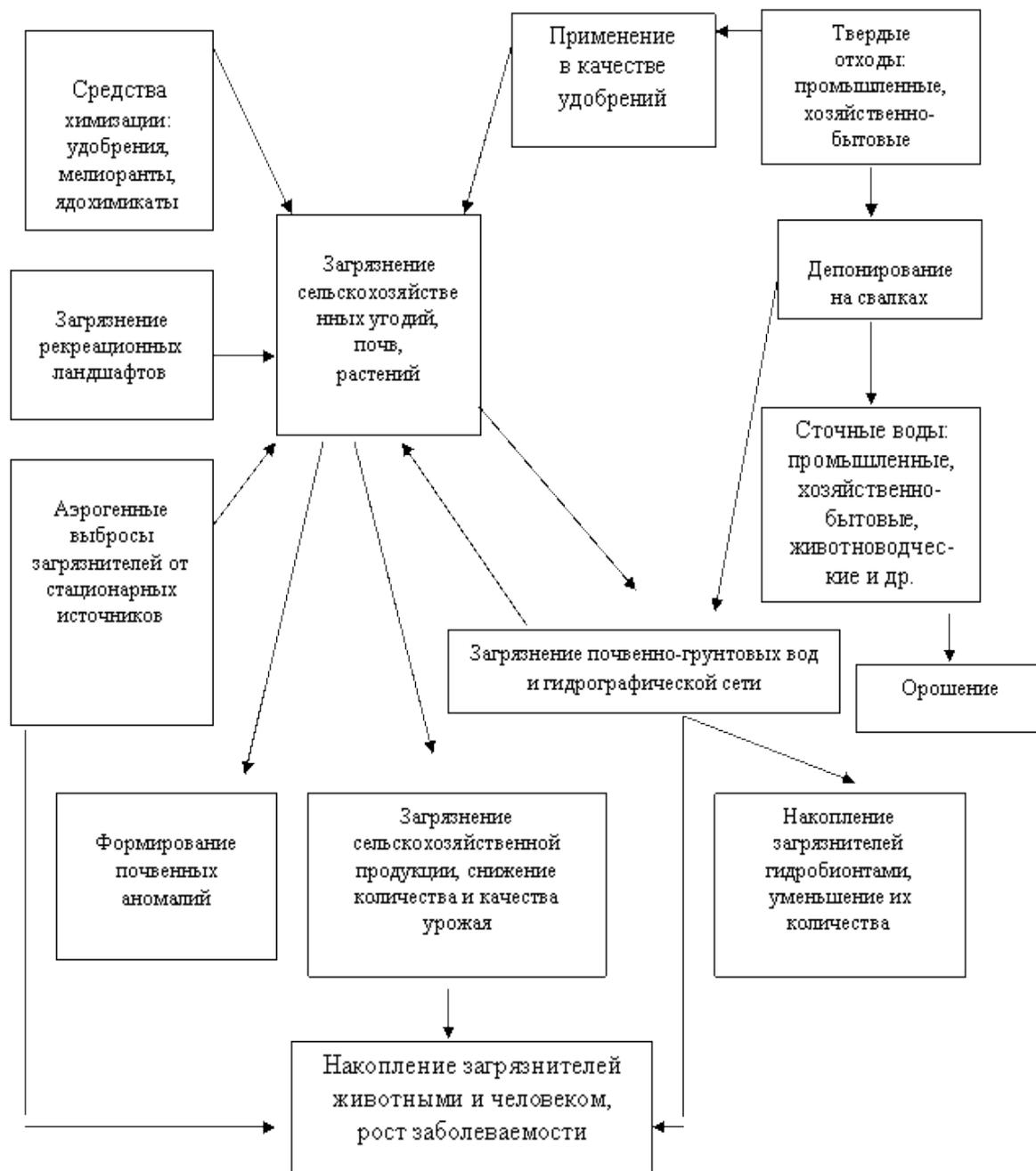


Рис. 2. Блок-схема агроэкологического мониторинга.

разработанности научно-концептуальной базы геоэкологии и недостаточном пока еще практическом опыте в разных природно-территориальных, геолого-техногенных и ландшафтно-геохимических условиях. Поскольку единого интегрального показателя экологического состояния в природе не существует, критериями оценки экологического состояния природных сред и экосистем служит ряд биоиндикационных, пространственных и динамических показателей, а интегральная оценка осуществляется на основе определенного числа наиболее представительных показателей.

В настоящее время большинство исследователей предлагают выделять 4 уровня природно-антропогенных экологических нарушений: **нормы (Н)**, **риска (Р)**, **кризиса (К)** и **бедствия (Б)**. В основу выделения этих уровней положено ранжирование нарушений экосистем по глубине и необратимости:

1. Уровень **нормы (Н)**, иначе – зона экологической нормы или класс удовлетворительного (благоприятного) состояния среды. Это территории без заметного снижения продуктивности и устойчивости экосистем, их относительной стабильности. Значение прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых. Деградация земель менее 5% площади.
2. Уровень **риска (Р)**, иначе – зона экологического риска или класс условно удовлетворительного (неблагоприятного) состояния среды. Это территории с заметным снижением продуктивности и устойчивости экосистем, их нестабильным состоянием, ведущим к спонтанной деградации экосистем, но ещё с обратимыми нарушениями. Эти территории требуют разумного хозяйственного использования и планирования мероприятий по их улучшению. Значения прямых критериев оценки незначительно превышают ПДК или фон. Деградация земель от 5 до 20% площади.
3. Уровень **кризиса (К)**, иначе – зона экологического кризиса или класса неудовлетворительного (весьма неблагоприятного) состояния среды. Это территории с сильным снижением продуктивности и потерей устойчивости экосистем и трудно обратимыми нарушениями. Здесь необходимо выборочное хозяйственное использование территорий и планирование их глубокого улучшения. Значения прямых критериев оценки значительно превышают ПДК или фон. Деградация земель от 20 до 50% площади.
4. Уровень **бедствия (Б)**, иначе – зона экологического бедствия (катастрофы) или класса катастрофического состояния сред. Это территории с полной потерей продуктивности, практически необратимыми нарушениями экосистем, исключаящими данную территорию из хозяйственного использования. Значения прямых критериев оценки в десятки раз превышают ПДК или фон. Деградация земель более 50% площади.

Анализ и оценка геоэкологического состояния природно-геологической среды осуществляется на разных уровнях природопользования на основе соответствующего масштаба исследований:

- **региональном** (крупный природно-территориальный комплекс с площадью обычно от нескольких десятков тыс. км² и крупнее, экономический регион или субъект страны; масштаб исследований 1:500 000 - 1:1 000 000),

- **зональном** (природно-территориальный комплекс с площадью обычно от нескольких тысяч до нескольких десятков тыс. км², муниципальный район, городской округ и др.; масштаб исследований 1:100 000 – 1:200 000),
- **локальном** (любая территория, обычно с площадью менее одной тысячи км²; масштаб исследований 1:25 000 – 1: 50 000).

На регионально-зональном уровне для каждого региона должен быть разработан свой специфический комплекс критериев оценки геоэкологического состояния природной среды с учетом природно-геологических условий, хозяйственного освоения и видов техногенной нагрузки. Но оценка должна производиться по **единым принципам**.

- Во-первых, должны быть установлены основные геоэкологические проблемы региона и проведен системный анализ природно-геологических и техногенных факторов.
- Во-вторых, должен быть разработан комплекс оценочных критериев и показателей.
- В-третьих - проведено классифицирование экологического состояния природно-геологической среды.
- В-четвертых - выделены оценочные таксоны (участки).
- В-пятых - разработана шкала экспертной (балльной) оценки.
- В-шестых - проведены расчеты оценочных баллов по всем компонентам природной среды и показателям на каждом участке и проведено районирование территории по геоэкологическому состоянию (интегральная геоэкологическая оценка).

Почвы в силу своих природных свойств способны накапливать значительные количества загрязняющих веществ. Санитарно-гигиенический подход к выбору критериев экологической оценки почв (грунтов) **определяется**, с одной стороны, **возможностью переноса загрязняющих веществ в воздух и воды** этих территорий, с другой стороны, - непосредственным **влиянием** отдельных показателей на **здоровье населения**.

Выбор критериев экологической оценки состояния почв определяется спецификой их местоположения, генезисом, буферностью, а также разнообразием их использования.

Выявление видов деятельности, вызывающих загрязнение почвы, дает полное представление о масштабе и степени загрязнения на обследуемой территории и позволяет значительно сузить и конкретизировать количество показателей.

В оценке экологического состояния почв основными показателями степени экологического неблагополучия являются **критерии физической деградации, химического и биологического загрязнений**.

Загрязнение **подземных вод** на участках зоны влияния хозяйственных объектов характеризуется **концентрацией загрязняющих веществ** и размером **площади области** загрязнения.

В таблицах 2,3,4 представлены основные показатели загрязнения воды и почвы, которые необходимо учитывать при анализе территорий, располагающихся в сельскохозяйственных областях.

В качестве критерия экологического состояния территории рекомендуется

использовать площадь выведенных из землепользования угодий в результате деградации почв (эрозия, дефляция, вторичные засоление, осолонцевание, заболачивание).

Целый ряд негативных процессов (механическое удаление почвенного покрова при открытой добыче полезных ископаемых, строительных работах; провоцируемые человеком водная эрозия и дефляция) приводят к разрушению почвенных горизонтов, степень которого также использована в качестве критерия деградации почв.

Таблица 2. Критерии оценки состояния природной среды и ее компонентов

Компоненты природной среды	№ компонента	Геоэкологические параметры и процессы (показатели)	Экологическая оценка (цифры в скобках – оценочные баллы)			
			Допустимое	Умеренно опасное	Опасное	Чрезвычайно опасное
Литогенная основа	1	Эндогенные процессы (сейсмичность в баллах)	<5 (1)	5-6 (2, 3, 4)	7-8 (5, 6, 7)	>8 (8, 9, 10)
	2	Геодинамическая (неотектоническая) активность (плотность тектонических нарушений)	Слабая (ниже среднего) (1)	Умеренная (средняя) (2, 3, 4)	Высокая (выше среднего) (5, 6, 7)	Очень высокая (аномальная) (8, 9, 10)
	3	Пораженность территории экзогенными процессами (карст, овраги, оползни, болота, мерзлотные и др.) (в %)	Допустимое <5 (1)	Умеренно опасное 5-20 (2, 3, 4)	Опасное 20-30 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >30 (8, 9, 10)
Ландшафты	4	Степень нарушения территории (в %)	Слабо измененные <10 (1)	Средне измененные 10-25 (2, 3, 4)	Сильно измененные 25-50 (5, 6, 7)	Очень сильно измененные >50 (8, 9, 10)
Почвы	5	Химическое загрязнение (по ПДК в зависимости от класса опасности и площади). Элементы: 1 класс опасности 2 класс опасности 3 класс опасности	Допустимое <1 <1 <1 (1)	Умеренно опасное 1-1,5 1-2,5 1-5 (2, 3, 4)	Опасное 1,6-3 2,6-10 5,1-20 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >3 >10 >20 (8, 9, 10)
	6	Радиоактивное загрязнение (мкр/час)	Допустимое <16 (1)	Умеренно опасное 16-25 (2, 3, 4)	Опасное 26-35 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >35 (8, 9, 10)
Донные осадки	7	Химическое загрязнение (по ПДК в зависимости от класса опасности и площади). Элементы: 1 класс опасности 2 класс опасности 3 класс опасности	Допустимое <1 <1 <1 (1)	Умеренно опасное 1-1,5 1-2,5 1-5 (2, 3, 4)	Опасное 1,6-3 2,6-10 5,1-20 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >3 >10 >20 (8, 9, 10)
Подземные воды	8	Химическое загрязнение вод зоны активного водообмена (в ПДК): 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	Допустимое <1 <1 (1)	Умеренно опасное 1-5 1-50 (2, 3, 4)	Опасное 5-10 5-100 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >10 >100 (8, 9, 10)
Поверхностные воды	9	Химическое и пестицидное загрязнение поверхностных вод (в ПДК): 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	Допустимое <1 <1 (1)	Умеренно опасное 1-5 1-50 (2, 3, 4)	Опасное 5-10 5-100 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >10 >100 (8, 9, 10)
Приповерхностная атмосфера	10	Комплексное загрязнение воздуха (модульное количество выбросов загрязняющих веществ, т/км ²)	Низкое <2 (1)	Среднее 2-4 (2, 3, 4)	Высокое 4-10 (5, 6, 7)	Очень высокое >10 (8, 9, 10)
Суммарная оценка состояния природной среды и ее компонентов			Благоприятное (<20)	Условно благоприятное (20-40)	Неблагоприятное (40-60)	Очень неблагоприятное (>60)

Разрушение структуры почвы и развитие процессов слитизации характеризуется степенью увеличения плотности почвы, которая является важным показателем деградации почвы.

Увеличение уровня грунтовых вод рекомендуется оценивать относительно критического значения, различного для каждого типа почв.

Для экотоксикологической оценки почв целесообразно использовать кратность превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) конкретного загрязняющего вещества дифференцированно для веществ различного класса опасности. В связи с отсутствием для ряда загрязняющих веществ, утвержденных значений ПДК (например, для кадмия), рекомендуется использовать отношение содержания загрязняющих веществ в жидкой фазе почвы (почвенном растворе) к соответствующей величине ПДК для природных вод.

Таблица 3. Критерии экологической оценки состояния почв.

№ п/п	Показатели	Параметры		Относительно удовлетворительная ситуация
		Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	
1	Площадь выведенных из сельхозоборота земель вследствие их деградации, % от общей площади сельхозугодий	Более 50	30-50	До 5
2	Уничтожение гумусового горизонта	A+B	A _{max} (F1)	До 0,1 A
3	Перекрытость поверхности почвы абиотическими наносами, см	Более 20	10-20	отсутствие
4	Увеличение плотности почвы, кратность равновесной	Более 1,4	1,3-1,4	До 1,1
5	Превышение уровня грунтовых вод, % от критического значения	Более 50	25-50	Допустимый уровень
6	Радиоактивное загрязнение, Ки/км ²			
	цезий-137	Свыше 40	15-40	До 1
	стронций-90	Свыше 3	1-3	До 0,3
	плутоний (сумма изотопов)	Свыше 0,1	Свыше 0,1	-
7	Потери гумуса в пахотных почвах за период 10 лет, в относительных процентах	Свыше 25	10 - 25	Менее 1
8	Увеличение содержания легкорастворимых	Более 0,8	0,4 – 0,8	До 0,1

	солей, г/100 г			
9	Увеличение доли обменного натрия, % от ЕКО (емкости катионного обмена)	Более 25	15 - 25	До 5
10	Превышение ПДК химических веществ			
	1 класса опасности (включая бензапирен, диоксины)	Более 3	2 - 3	До 1
	2 класса опасности	Более 10	5 - 10	До 1
	3 класса опасности (включая нефть и нефтепродукты)	Более 20	10 - 20	До 1
11	Снижение уровня активной микробной массы, кратность	Более 100	50 - 100	До 5
12	Фитотоксичность почвы (снижение числа проростков), кратность по сравнению с фоном	Более 2	1,4 – 2,0	До 1,1
13	Доля загрязненной основной с/х продукции, % от объема проверенной продукции.	Более 50	25 - 50	До 5

Таблица 4. Критерии оценки степени загрязнения подземных вод.

№ п/п	Показатели	Параметры		Относительно удовлетворительная ситуация
		Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	
1	Содержание загрязняющих веществ (нитраты, фенолы, тяжелые металлы, СПАВ, нефть), ПДК	Более 100	10 - 100	3 - 5
2	Хлорорганические соединения, ПДК	Более 3	1 – 3.	Менее 1
3	Канцерогены, бензапирен, ПДК	Более 3	1 – 3.	Менее 1
4	Площадь области загрязнения, км ²	Более 8	3 – 5.	Менее 0,5
5	Минерализация, г/л	Более 100	10 - 100	Менее 3
6	Растворенный кислород, мг/л	Менее 1	4 – 1.	Более 4

За комплексный показатель загрязнения почвы принимают фитотоксичность - свойство загрязненной почвы подавлять прорастание семян, рост и развитие высших

растений (тестовый показатель).

Признаком биологической деградации почвы является снижение жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, о котором можно судить по уменьшению уровня активной микробной биомассы, а также по более распространенному, но менее точному показателю - дыханию почвы.

При использовании для экологического нормирования микробиологических критериев в условиях повышенного уплотнения почв, загрязнения легкосуглинистых и супесчаных дерново-подзолистых почв токсичными тяжелыми металлами и продуктами разложения пестицидов получены следующие результаты (табл.5).

Таблица 5. Оценка состояния экосистем

Степень устойчивости экосистемы	Микробиологические критерии				
	Содержание стерильных актиномицетов, %	Наличие актиномицетов группы <i>Niger</i> , %	Число видов бацилл	Содержание фитопатогенных грибов, %	Уменьшение микробной биомассы, %
Высокая	Отсутствуют	Отсутствуют	7-8	Отсутствуют	Отсутствуют
Средняя	35-40	»	Не определяли	»	Не отмечено
Слабая	52-50	>50	3	18-20	20-50

Экосистемы, отличающиеся высокой и средней степенью устойчивости, характеризуются значительным видовым разнообразием бацилл, отсутствием черноокрашенных актиномицетов группы *Niger* и фитопатогенных грибов, уравновешенным количеством микробной биомассы. Нарушение устойчивости диагностируется увеличением стерильных форм актиномицетов, появлением значительного количества черноокрашенных микроорганизмов данной группы (группа *Niger*) (более 50 %), уменьшением видового разнообразия бацилл.

Оценка экологического состояния почв на основании критериев и параметров проводится с учетом площади проявления рассматриваемого критерия, значимость которого определяется региональными особенностями.

Кратность превышения предельно допустимых норм загрязняющих веществ в почве прежде всего следует оценивать по подвижным формам этих веществ.

Одним из показателей экологического состояния почв служит биологическая продуктивность ценозов, характеризующая потенциальное плодородие. Для почв сельскохозяйственных территорий таким показателем является средняя урожайность.

Экспертно рекомендуется принять для территории экологического бедствия снижение урожайности более чем на 75%, для территории чрезвычайной экологической ситуации на 50 - 75% при соответствии всего комплекса агротехнических и агрохимических мероприятий для данной местности и культуры.

Дополнительным показателем, служащим индикатором степени загрязнения рассматриваемой территории (почвы, воздуха, поливных и грунтовых вод), является доля продукции, несоответствующая требованиям нормативно-технической документации на качество продукции (остаточное количество пестицидов, токсичных элементов, микотоксинов, нитратов, нитритов и др.).

Нормирование с использованием экологических характеристик более адекватно отражает состояние экосистем, чем санитарно-гигиенические нормативы (на основе ПДК). При этом предусматривается повышение почвенного биопотенциала, что должно способствовать оздоровлению окружающей природной среды.