

ДЕПАРТАМЕНТ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Tempus-Tacis Т.Пер.10323-97
«Совершенствование экологического
образования»

Агроэкология

В.А.ЧЕРНИКОВ, О.А.СОКОЛОВ

Агроэкологический мониторинг

МОДУЛЬ 1

ИНТЕРАКТИВНАЯ ФОРМА

УДК 631.95.001.5

Черников В.А., Соколов О.А. Агроэкология. Модуль 1. Агроэкологический мониторинг. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2000 г. 56 с.



В рамках проекта TEMPUS-TACIS 10323-97 «Совершенствование агроэкологического образования» подготовлена серия работ «Агроэкология» в качестве интерактивной формы для дистанционного обучения.

Данный модуль 1 «Агроэкологический мониторинг» знакомит читателей с целями и задачами агроэкологического мониторинга.

Агроэкология

В.А. ЧЕРНИКОВ, О.А. СОКОЛОВ

Агроэкологический мониторинг

МОДУЛЬ 1

ИНТЕРАКТИВНАЯ ФОРМА

ISBN 5-201-14437-3

© В.А.Черников, О.А.Соколов, 2000.

ПНЦ РАН
2000

МОДУЛЬ 1. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Введение

Информация о состоянии окружающей природной среды (ОПС) и ее элементов, об их пространственно-временных изменениях используется человеком с незапамятных времен. Достаточно вспомнить о регулярно ведущихся метеорологических, гидрологических, фенологических и некоторых других наблюдениях. Следует, разумеется, иметь в виду, что эти наблюдения регистрировали естественные (природные) изменения состояния тех или иных компонентов.

Начавшийся в 50-х гг. процесс явного обострения проблем взаимодействия общества и природы и сопутствующие ему негативные изменения и последствия, очевидная ущербность бесконтрольной эксплуатации ресурсов биосферы обусловили необходимость поиска и выработки соответствующих комплексных решений. Потребовалось не только расширить спектр наблюдений, но и формировать на их основе элементы активных действий и управления, адекватных возникающим природоохранным ситуациям. Сложилась, в основном, целостная система, функционально объединяющая наблюдения, информацию, действия. Она получила название мониторинг. Термин мониторинг (от латинского *monitor* – напоминающий, надзирающий) вошел в обиход специалистов, работающих в области охраны окружающей природной среды, относительно недавно (в начале 70-х гг.)

Что Вы будете изучать

- Что такое мониторинг? Цели, задачи, структура.
- Агроэкологический мониторинг в интенсивном земледелии.
- Основные принципы организации полигонного агроэкологического мониторинга.
- Компоненты агроэкологического мониторинга.
- Биогеохимические подходы к проведению агроэкологического мониторинга.
- Экологическая оценка загрязнения тяжелыми металлами.
- Особенности проведения агроэкологического мониторинга на мелиорированных землях.
- Организация информационной базы данных агроэкологического мониторинга.

Цели модуля

- ознакомить с понятиями мониторинг и агроэкологический мониторинг;

- дать полное представление о целях, задачах и структуре агроэкологического мониторинга;
- обучить принципам, критериям, параметрам и методам агроэкологического мониторинга;
- рассмотреть основные мероприятия по контролю за загрязнением окружающей среды и снижению негативного воздействия загрязняющих веществ на человека.

После изучения модуля Вы сможете

- на основе методологии агроэкологического мониторинга дать объективную оценку состояния окружающей среды на анализируемой территории;
- разработать мероприятия, направленные на снижение негативного воздействия на окружающую среду источников загрязнения;
- дать прогноз изменения состояния окружающей среды.

Основная литература



1. Учебник «Агроэкология»/Под ред. проф. В.А.Черникова. Главы 18, 19. М. Колос, 2000.
2. Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. Л. 1989.

Дополнительная литература



1. Куценко А.М., Писаренко В.Н. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве. Киев. 1991.
2. Маслов Б.С. Минцев И.В. Мелиорация и охрана природы. М. 1985.
3. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв/Под ред. Д.С.Орлова и В.Д.Василевской. М. 1994.



Ключевые слова

Биогеохимический круговорот, биоиндикатор, сапрпель.

1.1. ЧТО ТАКОЕ МОНИТОРИНГ? ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ

Исходя из сложившихся к настоящему времени представлений, можно дать следующее расширительное толкование понятия мониторинг.



Задание 1.1.1. Дайте полное определение понятию «мониторинг». Какие виды мониторинга выделяют на современном этапе.

Мониторинг – система наблюдений и контроля за состоянием окружающей человека природной среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рационализации использования природных ресурсов и предупреждения критических ситуаций, вредных или опасных для здоровья людей, существования живых организмов и их сообществ, природных комплексов и объектов.

Помимо наблюдения, задачами мониторинга являются также оценка состояния среды и прогнозирование ее изменений. По различным основаниям различают мониторинг:

- ➔ биосферный (глобальный);
- ➔ биологический;
- ➔ санитарно-токсикологический;
- ➔ международный;
- ➔ национальный;
- ➔ базовый (фоновый);
- ➔ непосредственный;
- ➔ дистанционный (в т.ч. авиационный и космический).

Первоочередное внимание в мониторинге уделяется наблюдению за антропогенными изменениями в природе. По сути мониторинг является системой повторных наблюдений одного или нескольких элементов ОПС в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее заданной программой. Выражаясь точнее, такую систему следует называть «мониторингом антропогенных изменений ОПС». Очевидно, что термин «мониторинг» не является неким новым обозначением уже сложившегося наблюдательного комплекса геофизических служб. Он соответствует качественно иной системе обнаружения антропогенных эффектов в ОС. При этом, разумеется, не исключено использование некоторых структурных элементов и информации существующих геофизических служб.

Схема мониторинга антропогенных изменений природной среды выглядит следующим образом (рис. 1.1.1).

Согласно приведенной схеме, составляющие ее блоки взаимосвязаны между собой (существуют обратные и прямые связи).

Например, блоки «Наблюдение» и «Прогноз состояния» имеют прямую связь, так как прогноз состояния ОС возможен лишь при наличии достаточно репрезентативной информации о фактическом состоянии.

Разработка прогноза, с одной стороны, предполагает знание закономерностей изменений состояния природной среды, наличие схемы и возможностей расчета, а с другой стороны, необходимая направленность прогноза в значительной степени должна определять структуру и состав наблюдательной сети (обратная связь).

Полученная в результате наблюдений или прогноза информация оценивается в зависимости от того, в какой сфере деятельности она используется.

Оценка предусматривает определение ущерба от воздействия, выбор оптимальных условий для человеческой деятельности, выявление существующих «экологических резервов». При этом должны учитываться допустимые нагрузки на окружающую среду.



Что собой представляет информационная система мониторинга? Для чего она служит?

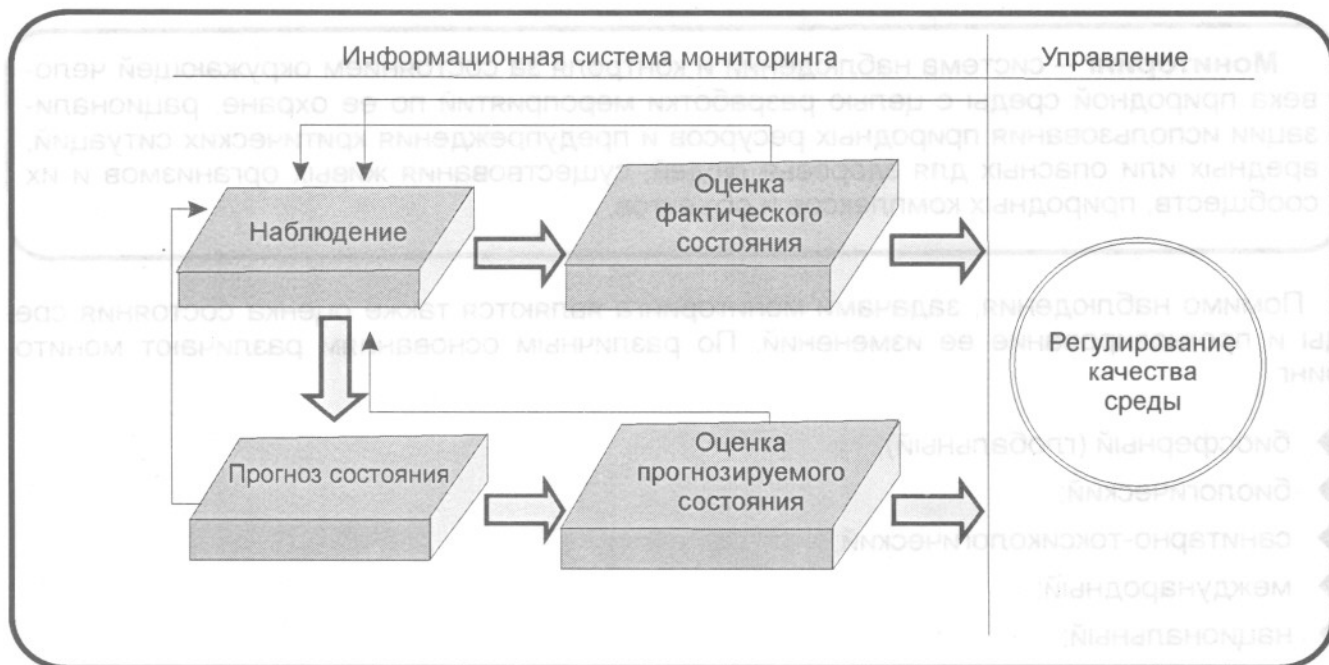


Рис. 1.1.1. Блок-схема системы мониторинга

Информационная система мониторинга антропогенных изменений является частью системы управления взаимодействием человека с ОС, поскольку информация о реально складывающемся состоянии окружающей природной среды и тенденциях его изменения должна служить основой для разработки мер по охране природы и учитываться при планировании развития экосистемы. Сравнение фактического и прогнозируемого состояний позволяет уточнить требования к подсистеме наблюдений и оценить фактическое положение. В конечном итоге представляется возможность осуществлять целенаправленные и грамотные мероприятия по регулированию качества среды и предотвращению неблагоприятных последствий антропогенных воздействий.

Для объективной оценки, анализа и прогноза экологической ситуации в любых масштабах ее проявления необходимо знание геофизических процессов, различных антропогенных эффектов и вызывающих их ситуаций.

Комплекс разнообразных антропогенных факторов, влияющих на состояние биосферы

Система мониторинга обеспечивает выявление критических ситуаций, позволяет выделить критические факторы воздействия и наиболее подверженные антропогенному влиянию элементы биосферы.



Задание 1.1.2. Дайте краткую классификацию состояния природной среды, источников и факторов воздействия, охватываемых системой мониторинга.

Ниже рассматриваются основные факторы, элементы и процессы, требующие тщательного наблюдения (табл. 1.1.1).

Исследование антропогенного влияния на биосферу требует определения современного глобального фонового ее состояния в местах, удаленных от источников ло-

кального воздействия (загрязнения), а также учета фактического фонового состояния в районах и регионах. Биосферный мониторинг, объединяя в единый комплекс наблюдения, оценку и прогноз состояния биосферы, вызванные антропогенными воздействиями, определение источников, факторов и степени этих воздействий, основывается на ряде последовательных процедур. В том числе:

- ➔ выделение (определение) объекта наблюдений;
- ➔ обследование выделенного объекта;
- ➔ составление информационной модели для объекта наблюдения;
- ➔ планирование измерений;
- ➔ оценка состояния объекта наблюдения и идентификации его информационной модели;
- ➔ прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- ➔ представление информации в удобной для использования форме и доведение ее до потребителя.

Таблица 1.1.1

Классификация состояний природной среды и здоровья населения, реакций природных систем, источников и факторов воздействия, охватываемых системой мониторинга

Раздел наблюдений	Название раздела наблюдений	Классификация
А	Источники и факторы воздействия	А.1. Локальные источники загрязнений
		А.2. Факторы воздействия (загрязняющие вещества, излучение и т.д.)
Б	Состояние окружающей природной среды	Б.1. Состояние среды, характеризуемое физическими и физико-географическими данными
		Б.2. Состояние среды, характеризуемое геохимическими данными, данными о составе и характере загрязнений
В	Состояние биотической составляющей биосферы	В.1. Реакция биоты – отклики и последствия: а) у отдельного организма; б) у популяции; в) у сообщества и экосистемы
Г	Реакция крупных систем и биосферы в целом	Г.1. Реакция крупных систем (погода и климат) Г.2. Реакция биосферы в целом
Д	Состояние здоровья и благосостояния населения	

В соответствии с задачами и процедурами мониторинга **в первую очередь должна быть установлена приоритетность факторов**, ведущих к наиболее серьезным изменениям ОПС (а также источники их формирования). Необходимо выявить и отдельные элементы тех или иных объектов наблюдения, наиболее подверженные воздействию (чувствительные), критические точки, переход через которые угрожает нарушением и разрушением экосистем. Выбор факторов и показателей воздействия является важнейшим этапом научного обоснования мониторинга.

Основываясь на свойствах загрязнителей и возможности организации измерений, выбирают некоторые критерии для определения приоритетности. В частности, подлежат учету:

- размер фактического и потенциально возможного эффекта на здоровье и благополучие человека, на климат или экосистемы;
- склонность к деградации в ОПС и накоплению в пищевых цепях и организме человека;
- возможность химической трансформации в физических и биологических системах, в результате чего вторичные вещества могут оказаться более токсичными;
- мобильность, подвижность;
- фактические или возможные тренды (тенденции) концентрации в ОС и(или) в человеке;
- частота и(или) величина воздействия;
- возможность измерений на данном уровне в различных средах;
- значение для оценки положения в ОПС;
- пригодность, с точки зрения всеобщего распространения, для равномерных измерений в глобальной и субрегиональной программах.

Загрязнения оценивались в баллах (от 0 до 3) по каждому из принятых критериев. Суммирование баллов позволило вычленить приоритетные позиции (чем больше сумма, тем выше приоритет). Полученные таким образом приоритеты были разделены на восемь классов (чем выше класс, тем меньше его порядковый номер и больше приоритет) с указанием среды и типа программы измерений (импактный, региональный, глобальный). При этом были определены те виды измерений, которые необходимо проводить, если загрязнитель непосредственно трудно измерить (косвенный мониторинг). В таких случаях подлежат учету (оценке) следующие характеристики:

- ➔ индикаторы качества воды – коли-бактерии, БПК₅, ХПК, сине-зеленые водоросли, их первичная продуктивность;
- ➔ индикаторы качества почвы – соленость, кислотность и щелочность (рН), содержание нитратов и органического азота, содержание почвенных органических веществ (гумусированность);
- ➔ индикаторы здоровья человека и животных, индикаторы поражения растений – заболевания, генетические последствия, чувствительность к лекарствам;
- ➔ растительные индикаторы загрязнения – биоиндикация.

Говоря о мониторинге, нельзя обойти молчанием возможность классификации его систем и подсистем по факторам и источникам воздействия. Целесообразной может быть и классификация по масштабам воздействия (пространственным, временным, на различных биологических уровнях). При таком подходе можно выделить наблюдения, относящиеся к точке, небольшим площадям, районам, регионам, наблюдения в глобальном масштабе – обработанные, осредненные или обобщенные по определенной системе (схеме). Сюда же следует отнести и определение количества вещества, числа объектов воздействия в той или иной части пространства.



Задание 1.1.3. Дайте оценку классификации систем и подсистем мониторинга, позволяющую осуществлять принципы экологической безопасности.

Несомненный интерес представляет классификация возможных систем (подсистем) мониторинга, приведенная в таблице 1.1.2, позволяющая последовательно и целенаправленно формировать и осуществлять принципы экологической безопасности.

Однако нынешний уровень организации и управления природоохранной деятельностью, обусловленный фактической индифферентностью государства по отношению к экологическим проблемам, устойчивый кризис экономики страны вряд ли смогут благоприятствовать в обозримой перспективе системной реализации целей и задач мониторинга. Невостребованность научных разработок, в том числе и в области экологии, невостребованность творческого потенциала специалистов и квалифицированных рабочих – опасная болезнь сегодняшней России...

Таблица 1.1.2

Классификация систем (подсистем) мониторинга

Принцип классификации	Существующие или разрабатываемые системы (подсистемы) мониторинга
Универсальные системы	Глобальный мониторинг (базовый, региональный, импактный уровни), включая фоновый и палеомониторинг Национальный мониторинг (например, в СССР) Общегосударственная служба наблюдений и контроля за уровнем загрязнения внешней среды Международный, «международный» мониторинг (например, мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ)
Реакция основных составляющих	Геофизический мониторинг Биологический мониторинг, включая генетический Экологический мониторинг (включающий вышеназванные)
Различные среды	Мониторинг антропогенных изменений (включая загрязнение и реакцию на него) в атмосфере, гидросфере, почве, криосфере, биоте
Факторы и источники воздействия	Мониторинг источников загрязнений Ингредиентный мониторинг (например, отдельных загрязняющих веществ, радиоактивных излучений, шумов и т.д.)
Острота и глобальность проблемы	Мониторинг океана Мониторинг озоносферы
Методы наблюдений	Мониторинг по физическим, химическим и биологическим показателям Спутниковый мониторинг (дистанционные методы)
Системный подход	Медико-биологический (состояния здоровья) мониторинг Экологический мониторинг Климатический мониторинг Вариант: биоэкологический (в том числе агроэкологический), геоэкологический, биосферный мониторинг

1.1.1. Экологический мониторинг

Экологический мониторинг является комплексной подсистемой мониторинга биосферы. Он включает систему повторных наблюдений, оценку и прогноз антропогенных изменений ОПС, что позволяет сравнительно устойчиво контролировать экологические условия среды обитания человека и других биологических объектов, а также функциональное состояние экосистем. Кроме того, создаются предпосылки для соответствующих корректирующих действий, если целевые показатели экологических условий нарушаются.



Что входит в государственную систему управления природоохранной деятельностью?

В государственной системе управления природоохранной деятельностью Российской Федерации важную роль играет формирование Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), которая включает следующие подсистемы:

- Мониторинг источников антропогенного воздействия на ОПС и оценка экологического равновесия в экосистемах.
- Мониторинг загрязнения абиотической составляющей ОПС и оценка состояния его информационной модели.
- Мониторинг биотической компоненты ОПС с оценкой критических проблем, возникающих в результате сельскохозяйственной деятельности и землепользования, а также реакции наземных экосистем на воздействие ОПС (агроэкологический мониторинг).
- Социально-гигиенический мониторинг с объективной оценкой о состоянии и факторах формирования экологической ситуации, состоянии здоровья населения, деятельности объектов, загрязняющих ОС и т.п.
- Обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем, необходимых для развития названных выше функций экологического мониторинга.
- Социально-психологические информационные мероприятия, охватывающие область экологического образования, просвещения и воспитания, пропаганды и рекламы.

Целью единого экологического мониторинга (ЕЭМ) является разработка и использование систем, средств и методов наблюдения, оценки и выработка рекомендаций и управляющего воздействия в природно-техногенной сфере, включающей показатели состояния ОПС, прогнозы ее эволюции, энергоэкологические и технологические характеристики производственной сферы, медико-биологические и санитарно-гигиенические условия существования человека и биоты.

Наряду с этим ЕЭМ может быть ориентирован на достижение специальных программных целей, связанных с обеспечением необходимой информацией организационных, социальных и других мер по повышению конкретных природоохранных мероприятий, проектов, международных соглашений и обязательств государств в соответствующих областях.

Госкомэкология (Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды – ранее Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов) координирует деятельности министерств и ведомств, предприятий и организаций в области мониторинга ОПС; организует мониторинг источников антропогенного воздействия на ОС и зон их прямого воздействия; организует мониторинг животного и растительного мира (кроме лесов); обеспечивает создание и функционирование экологических информационных систем; ведет с заинтересованными министерствами и ведомствами банки данных об ОПС, природных ресурсах и их использовании.

Государственная служба мониторинга Росгидромета (Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) базируется на сети пунктов режимных наблюдений.



Что такое СКФЭМ? Каковы их функции?

На территории России функционируют шесть станций комплексного фоновое экологического мониторинга (СКФЭМ), расположенных в биосферных заповедниках. Создана система экологического мониторинга по важнейшим компонентам атмосферы: озон, диоксид углерода, оптическая плотность аэрозолей, химический состав осадков, атмосферно-электрические характеристики. Наблюдения за этими ингредиентами входят в обязательную программу исследований.



Какие задачи решаются в системе ЕЭМ?

Структуру построения единого экологического мониторинга (ЕЭМ) можно представить в виде сфер получения, обработки и отображения информации, а также сфер оценки ситуации и принятия решений.

Задачи единого экологического мониторинга можно свести к следующим:

- ➔ оперативный контроль экологического, социального, медико-биологического состояния ОПС;
- ➔ выявление факторов экологического неблагополучия региона (в том числе источников негативного воздействия на ОС и здоровье населения);
- ➔ характеристика фактического состояния ОПС;
- ➔ подготовка и обобщение информации при ее прохождении по иерархическим уровням для принятия решений, адекватных экологической обстановке;
- ➔ сбор, систематизация и хранение объективной информации о состоянии ОС, здоровья населения (с учетом возможной субъективности в оценке этих факторов);
- ➔ выработка управляющего решения, направленного на улучшение состояния ОПС (с использованием подсистемы поддержки для принятия решений с анализом степени риска).

Получение информации обеспечивается тремя группами приборов, дающих метеорологические характеристики, фоновые (на уровне ПДК) концентрации ЗВ и концентрации их вблизи источников эмиссии.

- ▶ **Атмосфера:** метеорологические данные, химический и радионуклидный состав газовой и аэрозольной фаз воздушной сферы; твердые и жидкие осадки (снег, дождь), их химический и радионуклидный состав; тепловое и влажностное загрязнение атмосферы.
- ▶ **Гидросфера:** гидрологические показатели (расход, скорость течения и уровень воды); гидробиологические показатели (фитопланктон, зоопланктон, зообентос, перифитон) на контрольных водосборах и створах (реки, озера, водохранилища и т.д.); гидрохимический и радионуклидный состав поверхностных вод (реки, озера, водохранилища и т.д.), грунтовых вод, взвесей и донных отложений (в природных водотоках и водоемах); тепловое загрязнение поверхностных и грунтовых вод.
- ▶ **Почвенный покров:** химический и радионуклидный состав плодородного слоя почвы, фитотоксичность, микробная биомасса, миграция отдельных форм ЗВ.
- ▶ **Биота:** видовой состав, заболеваемость, оценка продукции основных звеньев трофической цепи; химическое и радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных

угодий, растительного покрова, почвенных зооценозов, наземных сообществ, домашних и диких животных, птиц, насекомых, водных растений, планктона, рыб.

- ▶ **Урбанизированная среда:** химический и радиационный фон воздушной среды городов, населенных пунктов; химический и радионуклидный состав продуктов питания, питьевой воды и т.д.
- ▶ **Население:** характерные медико-демографические параметры (численность и плотность, рождаемость и смертность, возрастной состав, заболеваемость, уровень врожденных уродств и аномалий); социально-экономические факторы.



|| *Что такое ГИС и какую роль играют они в экологическом мониторинге?*

Региональная подсистема ЕЭМ предполагает работу с большими массивами разнообразной первичной информации. Поэтому одной из актуальных задач является создание единого научно-информационного пространства, которое может быть сформулировано на основе геоинформационных технологий.

В этом отношении важная роль принадлежит созданию геоинформационных систем (ГИС), являющихся универсальным средством сбора, обработки, хранения, систематизации, научного анализа и представления информации. Только с введением ГИС должным образом реализуется возможность целостного подхода к комплексным по своей сути проблемам ОПС.

Геоинформационную систему ЕЭМ целесообразно создавать исходя из концептуальной модели, синтезирующей теоретическую, экспериментальную и экспертную информацию, а также интегрирующей разнотипную информацию.

При этом необходимо предусмотреть:

- формирование баз данных кадастровой и картографической информации, материалов дистанционного зондирования;
- функционирование в естественном режиме с использованием каналов связи;
- возможность реализации программ на персональных компьютерах;
- информационную и программную совместимость ГИС областного уровня при ее объединении в системы бассейнового (регионального) и федерального уровня;
- поддержку распределенных (территориально разнесенных) баз данных.

ГИС должны создаваться на различных иерархических уровнях управления (местном, областном, региональном). Каждая из уровнейых систем имеет основную базу данных, интеллектуальный интерфейс, комплекс программ моделирования и принятия управленческих решений. Отличие – в уровне генерализации информации, содержащейся в базах данных, а также в характере решаемых задач.

Единому экологическому мониторингу уделяется значительное внимание в рамках Глобальной системы мониторинга окружающей природной среды (ГСМОПС). Основными задачами ЕЭМ при этом являются:

- ➔ оценка проблемных и критических ситуаций, которые могут возникать в результате землепользования и сельскохозяйственной деятельности;
- ➔ оценка реакций наземных экосистем на антропогенные изменения ОПС;
- ➔ оценка состояния и функциональной целостности среды обитания и экосистем.

К ЕЭМ относится также мониторинг состояния почв (почвенно-экологический мониторинг), мониторинг водных (в том числе морских) систем и ресурсов, мониторинг биоты.

Очень важно наблюдать за природными комплексами, подверженными в различной степени антропогенному влиянию (от заповедных территорий до экосистем, формирующихся после существенного направленного или ненаправленного воздействия со стороны человека). Так, одним из наиболее распространенных антропогенных воздействий на водные экосистемы (озера, водохранилища) является процесс эвтрофикации, ускоряющий их «старение». Поэтому в системе показателей экологического мониторинга необходимы критерии, характеризующие развитие эвтрофикации.

При проведении мониторинга необходимо обращать внимание на выбор объектов исследования. В зоне локального загрязнения участки для наблюдения и контроля выбирают в зависимости от расстояния до источника загрязнения с учетом направления преобладающих ветров и рельефа.

На фоновой территории в качестве тестовых участков выбирают те почвы, где ожидается наиболее раннее повышение концентрации загрязнителей. Многочисленные полевые исследования свидетельствуют о накоплении химических веществ различной природы (катионогенные, анионогенные, пестициды) в почвах аккумулятивных ландшафтов. Они и подлежат первоочередному обследованию при фоновом мониторинге.



В чем суть дистанционных методов аэрокосмического мониторинга?

В целях повышения эффективности экологического мониторинга в рамках ГСМОПС последовательно обогащается арсенал применяемых методов исследований. В качестве примера можно сослаться на использование дистанционных методов **аэрокосмического мониторинга**. Его проводят самолеты-лаборатории, спутники, космические корабли. Дистанционные наблюдения могут быть визуальными, фотографическими, телевизионными, спектрофотометрическими. Диапазон информации, получаемой с помощью этих методов, весьма обширен.

Например, результаты аэрокосмических наблюдений позволяют оценить развитие процессов опустынивания в результате дигрессии пастбищ (что наблюдается в Калмыкии), определить степень техногенных воздействий на состояние земельных ресурсов, выявить деградацию лесных угодий и т.д.

Важное место в системе аэрокосмического мониторинга отводится установлению мест особенно сильного загрязнения, состоянию жизненно важных экосистем (тропические леса и т.п.), ареалам загрязненных территорий в увязке с непосредственными изменениями на местах.

Дистанционное зондирование земной поверхности методами космической или аэрофотосъемки позволяет значительно удешевить получение информации и увеличить ее объем, обеспечить оперативность информационных потоков, поскольку проводимый мониторинг осуществляется относительно простыми, но высокотехнологическими средствами. Например, спутник системы «Ландсат» (США) передает изображения, ориентировочная стоимость которых составляет 1 цент за 1 км² обследуемой территории. Для сравнения – при наземных исследованиях стоимость получаемых данных (разумеется, более детализированных), например по растительному покрову, достигает 100 долларов за 1 км².

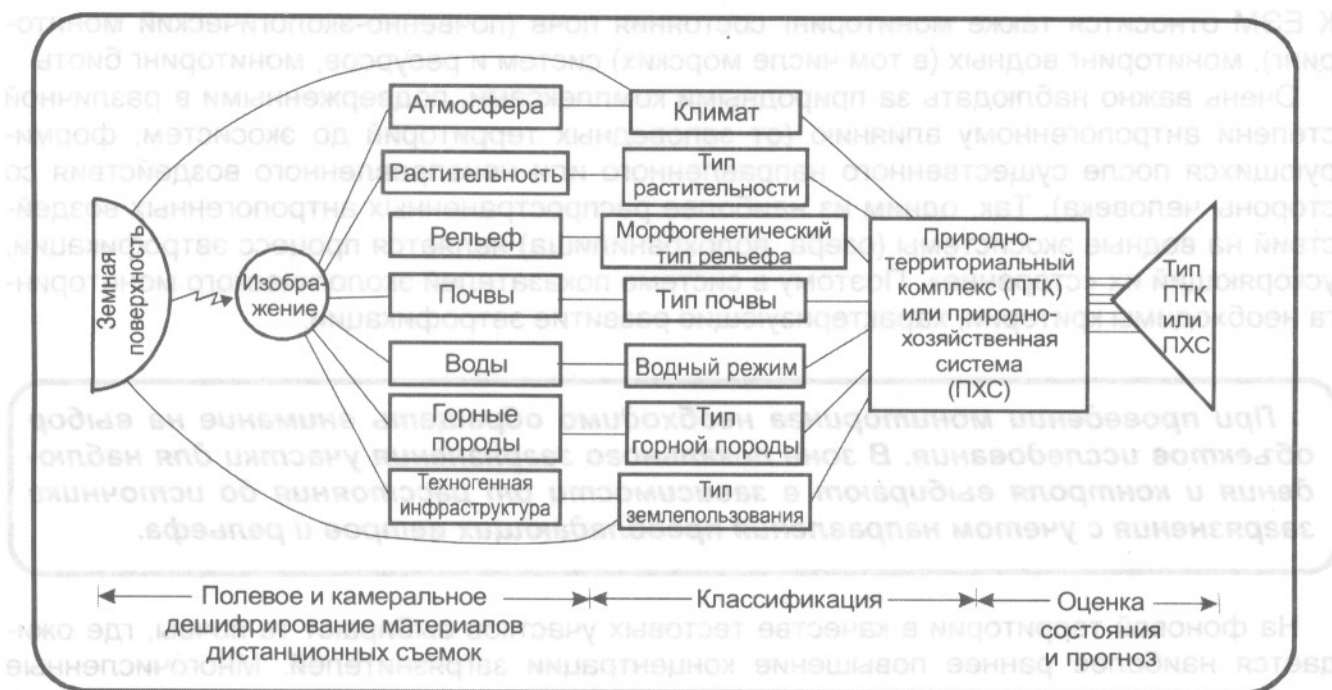


Рис. 1.1.2. Технологическая схема аэрокосмического мониторинга

Эффективным является построение трехуровневого мониторинга, включающего одновременное использование данных наблюдений, зафиксированных в заданном временном интервале на земле, с воздуха и из космоса.

При осуществлении экологического мониторинга, особенно дистанционным путем, существенно возрастает роль интегральных характеристик экологических систем. Они позволяют достаточно объективно судить о крупномасштабных изменениях природных комплексов, обусловленных влиянием антропогенных факторов (рис. 1.1.2).

Стратегия комплексного мониторинга позволяет ограничиваться сбором наземной информации лишь на ключевых участках. Дешифрирование видеоинформации по остальной исследуемой территории проводится на основе корреляций, устанавливаемых по ключевым участкам. Получаемая полезная информация уже сейчас дает достаточно значимые результаты, несмотря на то, что база для корреляций данных пока еще находится на стадии формирования.

Для целей дистанционного мониторинга были созданы специальные спутниковые аппараты, спутниковые системы «Метеор», «Метеор-Природа» (СССР – Россия); «Ландсат» (США). Еще в начале семидесятых годов со спутника «Метеор» принимались изображения, позволяющие с достаточной для практических целей точностью характеризовать состояние пастбищной растительности в различных районах России.

Космические съемки представляют широкие возможности для совершенствования геоботанического районирования, изучения растительности (естественных ценозов и агроландшафтов), определения продуктивности и запасов биомассы.

Наиболее актуальной задачей является организация такой системы мониторинга, которая позволила бы надежно выделять из большого числа характеристик наиболее существенные, приоритетные с точки зрения обеспечения решения поставленных задач. К ним относится, в частности, получение информативных показателей о формировании и развитии причинно-следственных связей в изучаемых процессах. В конечном счете

обогащаются возможности изучения и понимания сущности биосферных изменений различного масштаба, природных и антропогенных воздействий на состояние любой экосистемы.

В общей системе мониторинга по целевой установке, методическому подходу, набору специфических решаемых задач особое место занимает **агроэкологический мониторинг**.

1.2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

1.2.1. Агроэкологический мониторинг в интенсивном земледелии

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 ним сред) в процессе интенсивной сельскохозяйственной деятельности (рис. 1.2.1).

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.

Задачи агроэкологического мониторинга:

- ➔ 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.



Задание 1.2.1. В чем суть агроэкологического мониторинга? Перечислите основные принципы агроэкологического мониторинга.

Основными принципами агроэкологического мониторинга являются:

- **Комплексность**, то есть одновременный контроль за тремя группами показателей, отражающих наиболее существенные особенности варибельности агроэкосистем (показатели ранней диагностики изменений; показатели, характеризующие сезонные или краткосрочные изменения; показатели долгосрочных изменений).

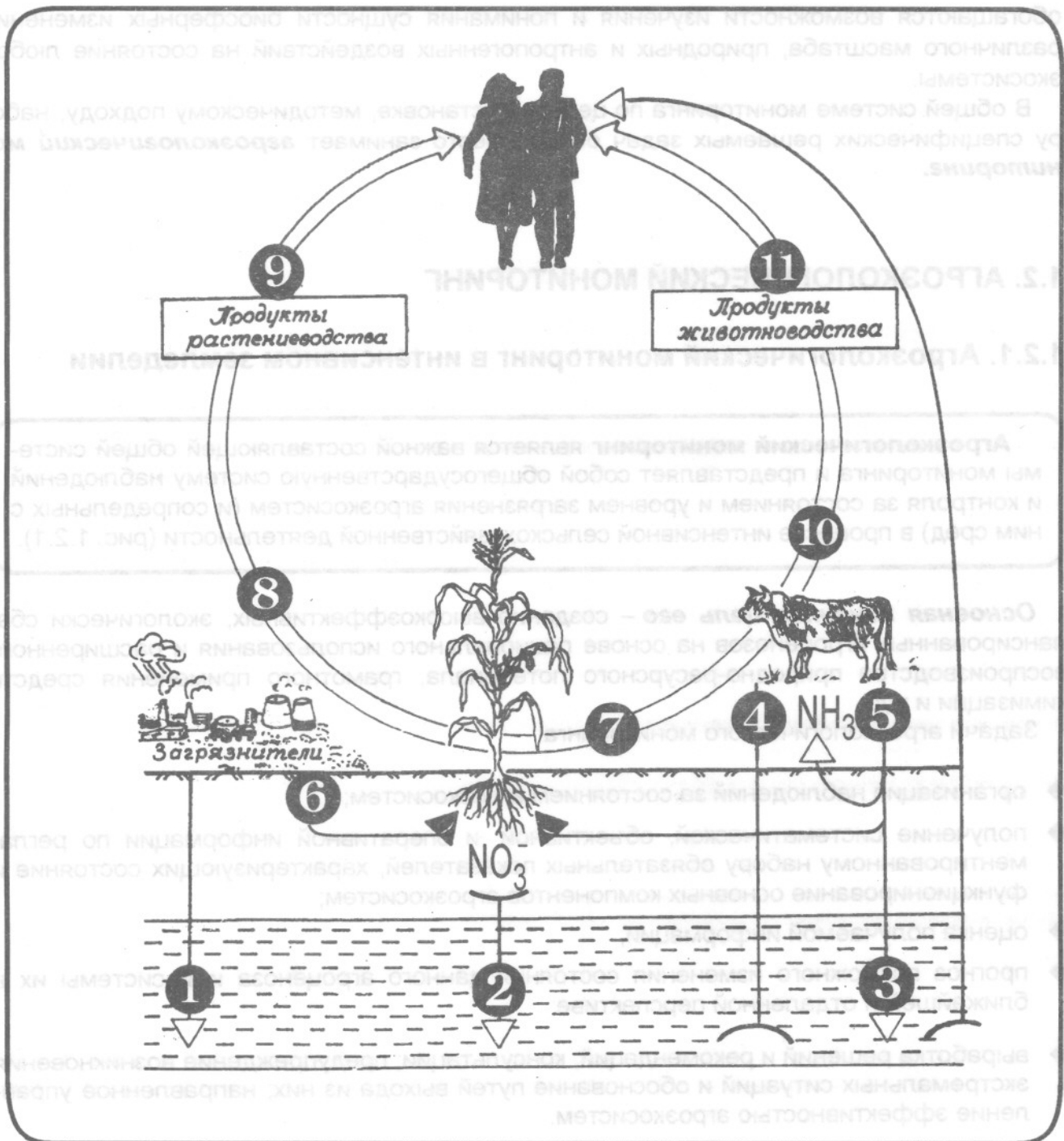


Рис. 1.2.1 Содержание агроэкологического мониторинга. Условные обозначения: ● – Объекты мониторинга; 1-3 – сточные и грунтовые воды; 2-4 – питьевые воды; 5 – выделения; 6 – токсиканты; 7 – корма; 8-11 – продукты питания

- **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.п.) по согласованным программам под единым научно-методическим руководством.

- **Системность исследований**, то есть 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.

В рамках агроэкологического мониторинга выделяются две взаимосвязанные по информационной базе подсистемы: **научная и производственная**.

Научной базой подготовки исходных данных для технологических решений является полигонный агроэкологический мониторинг. Такой мониторинг может осуществляться на делянках длительных опытов, постоянных участках слежения, реперных точках. При условии оснащения современными приборами и оборудованием, автоматизированными системами слежения, стоковыми площадками, лизиметрами и т.д. он позволяет проводить фундаментальные исследования по широкому спектру вопросов.

Производственная система включает мониторинг всех производственных сельскохозяйственных площадей страны и проводится уполномоченными службами по сравнительно небольшому набору показателей через 5–15 лет. В этом случае можно получить достаточно надежную систему фоновых характеристик.

1.2.2. Основные принципы организации полигонного агроэкологического мониторинга

Полигонами агроэкологического мониторинга могут служить базовые варианты длительных опытов с удобрениями Географической сети. Целесообразность их использования определяется тем, что они, как правило, отражают систематическое воздействие на почву и другие компоненты экосистемы наиболее широко распространенного техногенного фактора – удобрений и пестицидов, проводятся в строгом соответствии с требованиями единой методики на фоне высокой агротехники, рекомендуемой зональными системами земледелия. При этом широкий набор вариантов с различной химической нагрузкой позволяет в конечном счете установить экологически оптимальные системы удобрений и средств защиты для конкретных почвенно-климатических условий, разработать обоснованные нормативы нагрузок, уточнить ПДК и т.д. Таким образом, необходимым (да и, пожалуй, неизбежным) процессам химизации можно придать надлежащую экологичность. Использование в качестве полигонов агроэкологического мониторинга опорных базовых вариантов длительных опытов направлено на решение следующих задач:

- ➔ эколого-агрохимическая оценка различных уровней насыщения почв минеральными удобрениями (особенно азотными);
- ➔ эколого-агрохимическая оценка использования химических средств защиты растений, стимуляторов роста и т.д.;

- ➔ эколого-агрохимическая оценка применения мелиорантов (известки, гипса и др.);
- ➔ эколого-агрохимическая характеристика органических удобрений, растительных остатков промежуточных культур, сидератов;
- ➔ эколого-агрохимическая оценка биологических (без или с минимальным использованием средств химизации) систем земледелия.

Одним из методических приемов изучения природной среды является, как известно, разделение ее на определенные подсистемы (блоки) в зависимости от целей эксперимента. В качестве изучаемых вариантов, например, целесообразно использовать принятые **системы земледелия**, обеспечивающие различные уровни продуктивности агроэкосистемы. В учреждениях, имеющих хорошую опытную базу для разработки новых, более совершенных систем, позволяющих выйти на заданную продуктивность, агроэкологические задачи можно решить более масштабно. Такой полигон состоит из 3-4 вариантов с различными системами земледелия, различными уровнями насыщенности удобрениями и средствами защиты растений и др.

Набор вариантов при проведении агроэкологического мониторинга обязательно должен охватывать весь спектр исследуемых уровней продуктивности (как оптимальные, так и экстремальные позиции).

В частности:

- ▶ вариант с интенсивным возделыванием сельскохозяйственных культур, обеспечивающим максимальную для данных зональных условий продуктивность севооборота на основе использования прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур (**первый уровень продуктивности**);
- ▶ вариант с использованием интегрированных систем удобрений и средств химической защиты растений, обеспечивающих достаточно высокий уровень продуктивности на основе низких и средних доз удобрений и «мягких» способов применения химических средств защиты растений по экономическим порогам вредности (**второй уровень продуктивности**);
- ▶ вариант с биологическим способом ведения земледелия, основанным на использовании лишь органических удобрений, промежуточных культур, запарке соломы и т.д., в севооборотах с достаточным содержанием бобовых для обеспечения всех культур севооборота биологическим азотом при биологической и агротехнической системах защиты растений (**третий уровень продуктивности**);
- ▶ вариант, соответствующий абсолютному контролю (экстенсивный способ ведения земледелия), отражающий современный естественный уровень плодородия пахотных угодий данной зоны (**четвертый уровень продуктивности**).

В зависимости от конкретных условий могут рассматриваться варианты с орошением, использованием химических мелиорантов и т.д.

Комплексные полигонные опыты позволяют решить задачу – дать экологическую оценку тем или иным системам земледелия и технологиям возделывания культур. Вместе с тем остается не раскрытой роль отдельных приемов и их сочетаний в контексте положительного или отрицательного воздействия на окружающую среду. Для изу-

чения этих вопросов служат стационарные полевые опыты, ценность результатов которых определяется их длительностью.

Наиболее информативными являются продолжительные многофакторные опыты. Их целесообразно планировать как полные факторные опыты или как выборки из полных схем. Изучение в таких опытах нескольких факторов позволяет достаточно объективно оценить возможное их отдельное или совместное действие на изучаемые показатели и процессы. Широкий же диапазон уровней факторов служит основанием для выбора оптимальных их значений с учетом агрономических и экологических критериев оптимальности.



Какие задачи решает локальный агроэкологический мониторинг?

Локальный агроэкологический мониторинг осуществляется в производственных условиях в опытно-показательных и базовых хозяйствах, расположенных в основных почвенно-климатических регионах страны. В его задачи входит:

- проведение систематических наблюдений за состоянием основных компонентов агроэкосистемы (почва–вода–растения) под влиянием интенсивного применения средств химизации;
- оценка и прогноз изменений состояния названных компонентов в зависимости от уровня техногенных нагрузок;
- изучение и оценка высокоэффективных экологически безопасных технологических приемов в земледелии и разработка мер по их широкому освоению в производственных условиях.

В системе локального мониторинга проходят апробацию основные технологические решения, полученные на полигонных объектах.



Что такое сплошной агроэкологический мониторинг и какие задачи решает он в современных условиях?

Сплошной агроэкологический мониторинг осуществляется учреждениями Гипрозема, Агрохимслужбы и др., которые периодически, через 5–15 лет, обследуют почвенный покров страны (рН, гумусированность, эродированность, засоленность, содержание подвижных форм N, P, K). По данным обследований составляются почвенные и агрохимические очерки, в которых даются всесторонняя характеристика землепользования хозяйств и рекомендации по его улучшению, составляются картограммы и карты. Проведение таких обследований позволяет выявить (а затем отразить на картографическом материале) антропогенные, техногенные, эрозионные и другие изменения свойств почв и состояния почвенного покрова.

При сплошном агрохимическом мониторинге предусматривается также ежегодная комплексная диагностика минерального питания по основным этапам органогенеза.

Для проведения мониторинга на типичных по почвенному покрову полях с разной интенсивностью химических нагрузок выделяются постоянные участки (**реперные площадки**), на которых изучается динамика широкого набора показателей, служащих ос-

новой для последующей экологической оценки применяемых технологий. Наблюдательные (фоновые участки) площадки организуются и на ближайших почвенных аналогах, не подвергающихся воздействию, – целина, залежь, естественные угодья.

Наиболее перспективным направлением проведения сплошного производственного агроэкологического мониторинга является дистанционная аэрокосмическая съемка.

1.2.3. Компоненты агроэкологического мониторинга

Основными блок-компонентами агроэкоэкологической системы являются атмосфера, вода, почва, растения. Проведение мониторинга по каждому из этих объектов имеет определенные особенности (рис. 1.2.2).

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.

Под состоянием почв и почвенного покрова во времени и пространстве понимается комплекс измеряемых показателей свойств, состава и плодородия почвы в пределах ее элементарного ареала в конкретный период. Состояние почвенного покрова – это соотношение в его структуре находящихся в определенном состоянии элементарных почвенных ареалов или их комбинаций в данное время.



В чем отличие мониторинга от почвенных и агрохимических исследований?

От традиционных почвенных и агрохимических исследований мониторинг отличается прежде всего **комплексностью и непрерывностью, единством целей и задач, многопрофильностью проводящих его специалистов, согласованностью программных и методических установок**. Преимущества мониторинга, как целостной системы слежения за различными объектами, достаточно очевидны, поскольку в настоящее время почвенные и агрохимические исследования нередко выполняются на основе односторонних программ, предусматривающих ограниченный набор изучаемых параметров и использование разных методических подходов.

Получаемая на базе мониторинга информация об изменении свойств почвы, почвенных режимов и процессов под воздействием естественных факторов почвообразования и антропогенных нагрузок может быть интерпретирована путем моделирования почвенного плодородия.

В связи с тем, что агроэкологический мониторинг включает прогнозную составляющую, необходимо ориентироваться на комплексные ландшафтные наблюдения. Наряду с параметрами плодородия и состояния почвенного покрова следует учитывать и факторы почвообразования, изменения состояния почвенного покрова. обосно-

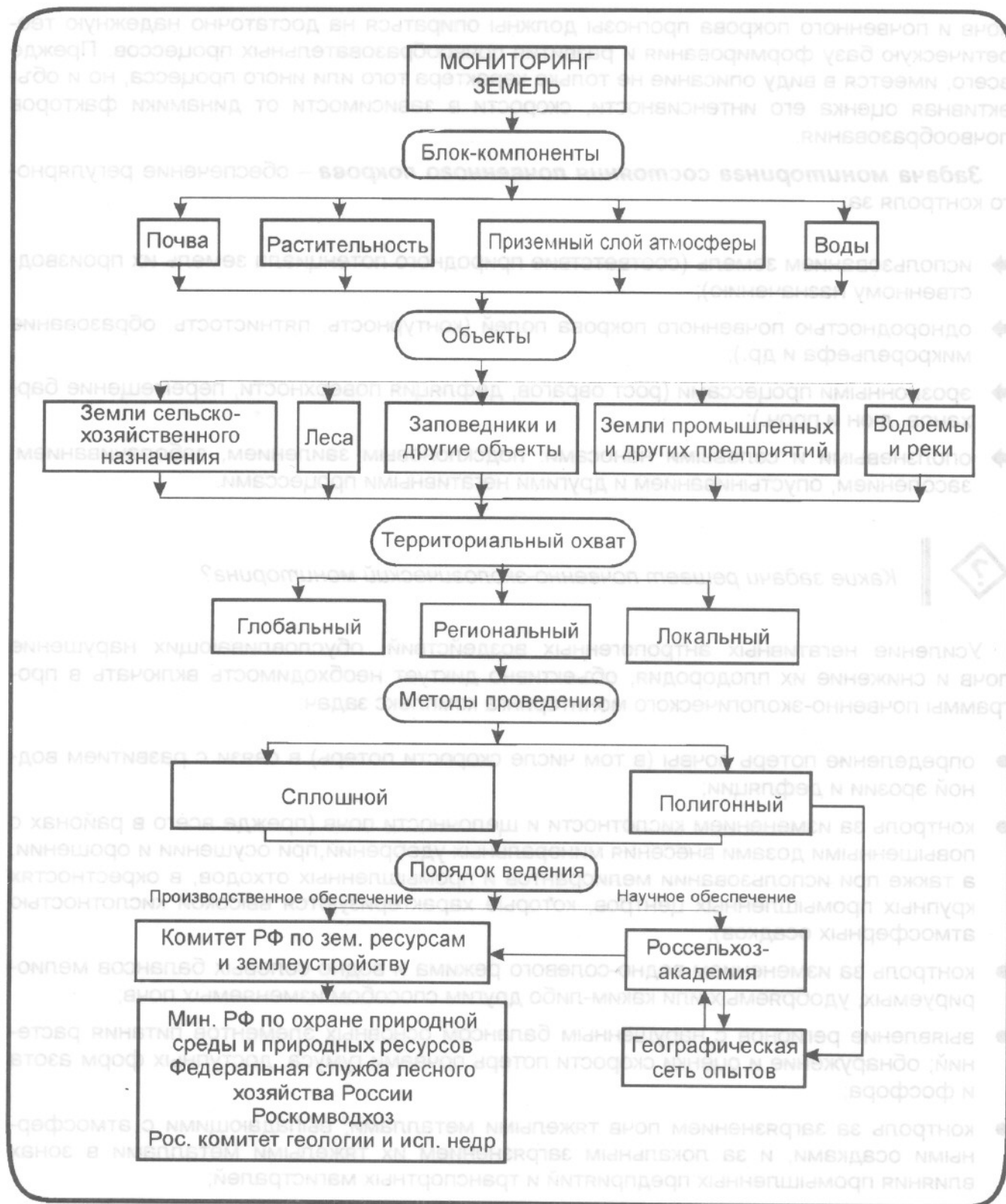


Рис. 1.2.2. Мониторинг земель и порядок его ведения

ванность такого подхода объясняется тем, что антропогенные воздействия влияют не только на биоту, но и на уровень грунтовых вод (УГВ), водно-солевой режим и баланс, геохимическую миграцию элементов, водопроницаемость пород и даже рельеф. Для достижения надлежащей достоверности прогнозов возможных изменений состояния

почв и почвенного покрова прогнозы должны опираться на достаточно надежную теоретическую базу формирования и развития почвообразовательных процессов. Прежде всего, имеется в виду описание не только характера того или иного процесса, но и объективная оценка его интенсивности, скорости в зависимости от динамики факторов почвообразования.

Задача мониторинга состояния почвенного покрова – обеспечение регулярно контроля за:

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



Какие задачи решает почвенно-экологический мониторинг?

Усиление негативных антропогенных воздействий, обуславливающих нарушение почв и снижение их плодородия, объективно диктует необходимость включать в программы почвенно-экологического мониторинга комплекс 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 регионов 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 почвенно-экологического мониторинга.

Начальный этап мониторинга 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 реализуется по расширенной программе комплексных исследований свойств и параметров почв, режимов и процессов, протекающих в них.

Третья форма мониторинга реализуется по сокращенной программе в процессе маршрутных обследований заранее выбранных участков или маршрутов (по тому же принципу, что и стационаров). При этом основное внимание уделяется 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 прокладываться по самостоятельным направлениям.

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

Получаемые массивы данных о фактическом состоянии почвенных (гумусированность, эродированность, рН, засоленность, солонцеватость и др.) и агрохимических (содержание подвижных форм азота, фосфора, калия и др.) свойств, агропроизводственная группировка почв и «почвенные очерки», характеризующие почвы по всему спектру пользования, служат базовыми предпосылками для последующих теоретических обобщений и практических рекомендаций. Последние должны содержать ответы на вопросы:

- ➔ трансформация сельскохозяйственных угодий;
- ➔ охрана почв от водной и ветровой эрозии;
- ➔ осушение, орошение и проведение культурно-технических работ;
- ➔ химическая мелиорация земель (известкование, гипсование);
- ➔ рациональные размещения и набор сельскохозяйственных культур;
- ➔ особенности агротехнических приемов и система применения удобрений с учетом почвенных условий;
- ➔ улучшение сенокосов и пастбищ.

Обязательным условием достижения целевой установки при осуществлении рассматриваемой формы мониторинга является использование методов картографирования. При этом важной элементарной составляющей должно быть использование максимально полного набора приемов получения исходных данных (от визуальных до космических).

В зависимости от степени сложности почвенного покрова для проведения съемок, оценки специализации хозяйств и интенсивности использования земель устанавливаются различные масштабы почвенных исследований (лесостепь – 1:10000...1:25000; пастбищные угодья в полупустыне – 1:50000; орошаемые и осушенные земли – 1:2000...1:5000 и т.д.). Наряду с этим дифференцируется уровень точности проводимых обследований и составляемых картографических материалов.

В результате длительной распашки, применения удобрений, химических мелиорантов, орошения, осушения и других агротехнических и мелиоративных приемов компонентный состав комплексных почвенных контуров изменяется. На это обстоятельство в процессе мониторинга следует обращать серьезное внимание.

Для достижения репрезентативности наблюдений и объективности оценок состояния и изменений почвенно-агрохимических свойств почвенные обследования целесообразно проводить с периодичностью в 10–15 лет, а агрохимические – через 5 лет. Повторные работы такого рода, с одной стороны, позволяют устранять недостатки и восполнять пробелы прежних наблюдений, а с другой (что наиболее существенно) – выявлять и фиксировать происшедшие изменения свойств почв и почвенного покрова вследствие природных и антропогенных воздействий.

При повторных почвенно-картографических обследованиях (корректировке) существенно повышается значимость аэрокосмических данных, дешифровывать которые целесообразно преимущественно до полевых работ.

Выбирать объекты мониторинга следует, основываясь на почвенно-географическом, геохимическом и природно-хозяйственном районировании с учетом характера и направленности использования земель и степени устойчивости почвенного покрова к разного рода техногенным нагрузкам. Объекты мониторинга закладываются во всех земледельческих зонах.



Какие требования предъявляются к объектам мониторинга?

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

При выборе объектов мониторинга должны учитываться: уровень ведения хозяйства, система земледелия, способы обработки почв, система севооборотов. Целесообразно выбирать объекты исследования в хозяйствах с различными уровнями ведения (высоким, средним, низким).

Вид и степень антропогенного воздействия на почвы и структуру почвенного покрова также оказывают существенное влияние на выбор объектов мониторинга и объекты соответствующих работ. Например, при организации почвенного мониторинга распространения вторичного засоления число наблюдательных участков, помимо прочих условий, будет зависеть от степени (и, возможно, вида) засоления, уровня грунтовых вод

и ряда других специфических факторов. Если, предположим, в зоне засоления почв имеются эрозионно опасные земли и источники техногенного загрязнения (например, тяжелыми металлами), в схему объектов мониторинга включаются участки, позволяющие учитывать различные масштабы смывости, а также особенности аккумуляции почвой техногенных веществ в зависимости от расстояния до источников загрязнения, вида ценозов и других экологических факторов.

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

Характер рельефа, крутизна и экспозиция склонов существенно влияют на перераспределение водных ресурсов и биогеохимических потоков веществ. Это также должно учитываться при выборе объектов мониторинга.



Задание 1.2.2. Наиболее важным звеном в организации и проведении почвенно-экологического мониторинга является формирование системы контролируемых параметров. Назовите и обоснуйте три группы этих параметров.

Первая группа интегрирует показатели ранней диагностики развития негативных явлений в состоянии почв и почвенного покрова. Она включает показатели угнетения биоты по ферментативной активности, «дыханию» и азотфиксации почв; по изменению окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий, плотности и фильтрации почв, минерализованности почвенного раствора, дренажных и грунтовых вод.

Показатели **второй группы** отражают более устойчивые изменения почв, в том числе количество и качество гумуса, изменения степени агрегированности (структурности) почвенного покрова, трансформацию содержания элементов питания растений, динамику тяжелых металлов, углеводов, биологическую продуктивность природных и искусственных ценозов и др.

Третью группу составляют показатели глубоких и устойчивых изменений свойств почв: соотношение тонкодисперсных и более крупных фракций гранулометрического состава почв, минералогического и химического состава, мощности почвенного горизонта и др. Наблюдения за показателями первой группы проводятся несколько раз в год, второй группы – один раз в течение двух-пяти лет (в зависимости от интенсивности негативных процессов) и третьей группы – один раз в пятьдесят лет.

Сообразно такому подходу, контролируемые параметры первой группы, расширенный перечень которых приведен в табл. 1.2.1, рекомендуется отслеживать уже на первых этапах мониторинга, а также при маршрутной форме его реализации и т.д. Перечень контролируемых параметров для режимных наблюдений в условиях стационарных исследований (стационарная форма мониторинга) дан в табл. 1.2.2.

Одним из основных блок-компонентов агроэкосистем являются растения. В процессе агроэкологического мониторинга фиксируется не только величина и качество урожая в конце вегетации, но и осуществляется сбор данных по всему спектру динамических показателей формирования его (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 и,

зная оптимальные параметры отдельных элементов, регулировать их, мобилизуя тем самым потенциальное кущение, число развивающихся зерновок в колосе, массу 1000 зерен – показатели, дающие высокую корреляцию с урожаем.

Таблица 1.2.1

Контролируемые параметры, подлежащие мониторингу при всех видах предварительного обследования (преимущественно при маршрутных формах его реализации)

№ п/п	Контролируемый вопрос	Показатель	Метод измерения	Периодичность	Методы регулирования
1.	Подкисление или подщелачивание почв за счет удобрений, мелиорантов или химического загрязнения	pH водный – все почвы; pH солевой – почвы, насыщенные основаниями	потенциометрический	2–3 раза в год	химические и водные мелиорации, агротехнические приемы
2.	Вторичное засоление	содержание и состав солей в 100 см слое; удельная электропроводность	аэрокосмические спектральные измерения; электрометрический	один раз в год	регулирование водно-солевого режима орошением и дренажом
3.	Осолонцевание при орошении	процент обменного натрия	потенциометрия или плазменная фотометрия	то же	то же
4.	Потери гумуса	процент гумуса в почве; водорастворимые органические вещества	по И.В.Тюрину	то же	внесение навоза; биологические мелиорации
5.	Окислительно-восстановительный процесс	почвы	потенциометрический	2–3 раза в год	агротехнические мероприятия; регулирование водного режима почв дренажом
6.	Дыхание почвы	выделение CO ₂	дистанционные наблюдения	то же	органические и минеральные удобрения
7.	Содержание доступных растениям соединений NPK	нитраты, фосфаты K ₂ O	анализ почвы и вытяжек; ионоселективные электроды	то же	внесение органических и минеральных удобрений; агротехнические приемы
8.	Загрязнение почв тяжелыми металлами	содержание подвижных форм соединений	атомно-адсорбционный анализ	то же	химические мелиорации; агротехнические приемы; удаление загрязненного слоя почвы или запахивание на большую глубину
9.	Уплотнение почвы	объемный вес почвы	объемный бур; гаммаскопический плотномер	то же	внесение органических удобрений; агротехнические приемы
10.	Динамика грунтовых вод	уровень грунтовых вод	электрометрический; «хлопушка»	то же	дренаж
11.	Минерализация грунтовых и дренажных вод	катионный и анионный состав макроэлементов; микроэлементы	химические методы анализа; ионоселективные электроды	3–4 раза в год	оптимизация норм удобрений и сроков их внесения; агротехнические мероприятия

Таблица 1.2.2

Примерный перечень контролируемых параметров для режимных наблюдений на стационарных участках мониторинга

№ п/п	Показатель, свойства почв	Периодичность определения	Глубина апробирования
1	Влажность почвы	один раз в декаду	3А (ПП)
2	Потенциал почвенной влаги	один раз в течение 2–5 суток	3А (ПП)
3	Уровень грунтовых вод	один раз в течение 2–5 суток	3А (ПП)
4	Метеорологические параметры (температура и влажность воздуха, скорость ветра, осадки, испаряемость и т.д.)	ежедневно	3А (ПП)
5	Объем дренажного стока с мелиоративной системой и отдельных ее участков	один раз в неделю	
6	Элементы водного баланса (суммарное испарение, инфильтрация, расход грунтовых вод)	один раз в 5 суток	моделируется 3А мощностью 1,0–1,5 и 2,0 м
7	Химический анализ дренажных и грунтовых вод на кальций, магний, аммиачный и нитратный азот, калий, фосфор, углекислоту, гидрокарбонаты и другие элементы, а также определение содержания тонкодисперсных частиц	в начале, середине и конце вегетационного периода	
8	Окислительно-восстановительный потенциал почвы, растений, дренажных, грунтовых и поливных вод	по основным фазам развития растений	в почве (гориз. А+В)
9	Температура почвы на разных глубинах	по фазам и в течение вегетационного периода один раз в 5 суток	ПП
10	Элементы теплового баланса	по фазам и в течение вегетационного периода один раз в 5 суток	

Примечание: ПП – почвенный профиль; 3А – зона аэрации.

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.

Для характеристики фотосинтетической деятельности растений оперируют площадью листовой поверхности. Площадь листьев можно измерять с помощью фитопланиметра или рассчитывать по формуле:

$$S = L \cdot D \cdot K,$$

где L – длина листьев, D – ширина листьев, K – постоянный поправочный коэффициент (для пшеницы и ячменя – 0,67; для кукурузы – 0,75).

Площадь листьев определяют в те же периоды, что и биомассу растений. На основании полученных данных строят кривые нарастания площади листьев в онтогенезе.

Морфофизиологический метод контроля позволяет наблюдать в течение онтогенеза за формированием основных элементов продуктивности, оценивать фото- и биосинтетическую активность посевов; дает возможность не только грамотно определять сроки агроэкологических мероприятий, но и объективно оценивать потенциальные возможности растений и фактический уровень их реализации как от применяемой системы удобрений, так и от абиотических факторов.



Какие показатели качества растениеводческой продукции используются в системе агроэкологического мониторинга?

Получаемые динамические показатели позволяют выявлять корреляционные зависимости между состоянием факторов внешней среды и развитием растений, формированием элементов продуктивности и конечным урожаем. Система контролируемых параметров (обязательный примерный перечень) блок-компонента «растение» приведена в табл. 1.2.3.

Для осуществления непрерывного мониторинга состояния и развития растений могут применяться автоматизированные системы. Такая система представляет собой проблемно-ориентированный комплекс контрольно-измерительной аппаратуры, имеющий гибкую структуру, позволяющую адаптироваться к информационному обеспечению широкого круга научно-исследовательских задач при разработке современных технологий интенсивного экологически безопасного земледелия.

В условиях интенсификации земледелия, особенно при нарушении правил обработки почвы и посевов сельскохозяйственных культур, наблюдается вынос из агроэкосистем биогенных элементов, остаточных количеств средств химизации и т.д., загрязняющих окружающую среду.

В число загрязнителей входят и тяжелые металлы, содержащиеся в удобрениях, выбросах и отходах промышленности, осадках сточных вод, используемых в сельском хозяйстве.

Загрязнение почв тяжелыми металлами представляет значительную опасность для почвенного покрова, вызывает деградацию почв и снижает их плодородие.

Для выращивания экологически безопасной продукции в условиях накопления тяжелых металлов в почве необходимо изучение баланса их в целом, а также его расходных статей (вымывание фильтрующимися и поверхностными водами, вынос растениями и др.).

Факторами формирования качества воды являются химические процессы трансформации и взаимодействия веществ, биохимические, биологические, физико-химические, а также гидрологические.

В химическом составе природных вод можно выделить следующие группы соединений:

- Ионы, определяющие степень минерализации воды. Это анионы – Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} и катионы – Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ .
- Биогенные вещества: нитраты (NO_3^-), нитриты (NO_2^-), аммоний (NH_4^+), фосфаты (PO_4^{3-}), кремний (Si), органические соединения азота и фосфора.

Таблица 1.2.3

Перечень обязательных показателей качества растительной продукции для исследований в агроэкологическом мониторинге

Показатель	Характеризуемые свойства	Наличие ГОСТов на методы определения	Наличие метода инфракрасной спектрометрии
Содержание клейковины в зерне	технологические	ГОСТ 133586.1–68	имеется
Качество клейковины зерна	то же	ГОСТ 13586. 1–86	то же
Активность α -амилазы	—»—		
Сахаристость	—»—	ГОСТ 17421–72	то же
Доброкачественность очищенного кормового сока	—»—		
Содержание вредного азота	—»—		
Масличность семян	—»—	ГОСТ 10857–64	то же
Количество лузги	—»—		
Выход и качество длинного и короткого волокна	—»—		
Выход и качество чесанного волокна	—»—		
Крахмалистость	—»—		то же
Объемный выход хлеба	хлебопекарные		
Масса 1000 зерен	физические	ГОСТ 10842–76	
Натура зерна	то же	ГОСТ 10840–64	
Стекловидность зерна	—»—	ГОСТ 10987–64	то же
Товарность клубней картофеля			
Содержание азота	химические		то же
Содержание сырого белка:	то же	ГОСТ 10846–74	
в зерне	—»—	ГОСТ 134496	то же
в кормах	—»—	4–84	—»—
Содержание фосфора	—»—	ГОСТ 26657–85	—»—
Содержание калия	—»—		—»—
Содержание кальция	—»—		—»—
Содержание магния	—»—		—»—

- Органические вещества – комплекс истинно растворимых и коллоидных органических соединений.
- Растворенные газы (O_2 , CO_2 , H_2 и др.).
- Микроэлементы (Li^+ , Pb^{2+} , Cs^+ , Be^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Cr , Mo , V , Mn , Br^- , J^- , F^- , B).
- Ионы водорода, определяющие кислотно-щелочное равновесие водных растворов (рН).
- 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.

Поступающие с поверхности почвы загрязнители с фильтрующимся током воды через зону аэрации проходят в грунтовые воды. Накапливаясь в зоне аэрации, они являются вторичным источником загрязнения грунтовых вод. Грунтовые воды в свою очередь загрязняют подземные (важнейший источник питьевой воды) реки и водоемы.

Качество грунтовых вод является своеобразным интегральным показателем интенсивности не только естественных процессов, связанных с почвообразованием и круговоротом элементов в природе, но и антропогенных воздействий.



Задание 1.2.3. Дайте определение **лизиметрическому методу**. Назовите типы лизиметров, назовите преимущества и недостатки метода.

Основной метод исследования вод внутрипочвенного стока (инфильтрационных, лизиметрических) – **лизиметрический метод**. Принцип его заключается в исследовании почвенного раствора, вытесненного просачивающимся через почву избытком дождевой и снеговой воды.

В практике лизиметрических исследований чаще всего применяют три типа лизиметров:

- ➔ лизиметры-монолиты с ненарушенным строением почвы, насыпные лизиметры с сохранением естественной последовательности в расположении генетических горизонтов почвы;
- ➔ насыпные лизиметры с сохранением естественной последовательности в расположении генетических горизонтов почвы;
- ➔ лизиметрические воронки модификации Шиловой, устанавливаемые на различной глубине и пригодные главным образом для изучения концентраций внутрипочвенного стока по профилю почвы.

Основной недостаток лизиметрии – изолированность почвы в установках от грунтовых вод и отсутствие по этой причине капиллярного подъема воды с растворенными веществами, а также ограничение поверхности почвы стенками лизиметра, что задерживает поверхностный поток воды, который в естественных условиях составляет 20–25% воды от суммы выпавших осадков.

Тем не менее этот метод позволяет моделировать такие процессы, как миграция элементов по профилю почвы и обеднение корнеобитаемого слоя основными элементами питания в зависимости от количества атмосферных осадков, типа и гранулометрического состава почвы, ее окультуренности, физико-химических свойств, форм и доз удобрений, вида возделываемых культур и их продуктивности.

Изучение методом лизиметрии особенностей изменений концентрации элементов в инфильтратах из почв под влиянием различных факторов позволило установить, что внесение минеральных удобрений (особенно в повышенных дозах) многократно увеличивает вымывание оснований поглощающего почвенного комплекса. Они вытесняются

катионами удобрений и в эквивалентных количествах увлекаются легкоподвижными не сорбируемыми почвой анионами (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-).

Внутрипочвенный сток не только снижает почвенное плодородие, но и приводит к загрязнению грунтовых и более глубоко залегающих горизонтов подземных вод.



Какие категории грунтовых вод существуют и о чем свидетельствует их химический состав?

Грунтовые воды – это воды первого от поверхности земли водоносного пласта, залегающего на водоупоре. Поверхность грунтовых вод называется «зеркалом». Поровое пространство – заполненное водой и находящееся ниже «зеркала» – зона насыщения. Поровое пространство выше «зеркала», содержащее атмосферный воздух, – зона аэрации. Степень загрязненности почвенного слоя и зоны аэрации – показатель загрязнения грунтовых вод. Таким образом, анализ водных вытяжек из почвы и пород зоны аэрации является достаточно объективным методом исследования уровня загрязнения грунтовых вод.

Создание специализированной наблюдательной сети требует бурения скважин, поэтому целесообразно максимально использовать уже имеющиеся наблюдательные скважины, колодцы, родники. При бурении скважин для отбора проб грунтовых вод глубиной до 10 м пользуются ручным (глубиной до 50 м) шнековым бурением.

Выделяют следующие категории поверхностных вод в зависимости от их происхождения:

- ▶ поверхностно-склоновые,
- ▶ почвенно-поверхностные (микроручейковой сети и склонов),
- ▶ почвенно-грунтовые (из зоны аэрации, где в периоды обильного увлажнения возникают водоносные пласты – «верховодка»),
- ▶ грунтовые – из постоянно существующих водоносных горизонтов, залегающих на первом от поверхности земли сплошном водоупоре.

Поверхностные воды при развитии эрозионных процессов обуславливают такие процессы, как смыв почвы, потерю элементов питания, загрязнение окружающей среды. Основные методы изучения поверхностного и внутрипочвенного стока склонов, а также смыва почв с поверхности – комплексные полевые наблюдения на специально оборудованных стоковых площадках, позволяющих собирать сток талых и дождевых вод.

Установка приемников воды на различных глубинах почвенного профиля дает возможность измерять также внутрипочвенный горизонтальный сток. Для учета вертикальной миграции воды и растворенных в ней химических веществ на склоновых землях можно использовать блок лизиметров В.Е.Явтушенко. Конструкция представляет сочетание лизиметров-поддонов, оснащенных разделительными боковыми щитами высотой, соответствующей глубине размещения их в почве. Устройство лизиметров обеспечивает беспрепятственное поверхностное и внутрипочвенное горизонтальное передвижение воды вниз по склону. Лизиметры, благодаря их ступенчатому размещению по глубине почвенного профиля, позволяют фиксировать определенный объем почвы и оценивать величину инфильтрации воды.

Атмосферные осадки, вынося вещества-загрязнители из атмосферы, являются фактором экологического риска. Наличие в атмосфере окислов серы и азота создает опасность выпадения кислотных дождей. Анализ химического состава атмосферных осадков необходим для учета поступления элементов на единицу площади при балансовых расчетах.



В чем суть эколого-токсикологической оценки территории агроэкосистем? Какие оценочные показатели используются при этом?

Эколого-токсикологическая оценка агроэкосистем. В системе агроэкологического мониторинга важной базовой составляющей является комплексная эколого-токсикологическая оценка исследуемых объектов. **В настоящее время уровни химизации земледелия и экономические цели в большинстве случаев не взаимосвязаны с требованиями обеспечения экологической безопасности.**

Экологическая безопасность на современном этапе развития земледелия может быть достигнута только в результате оптимизации применения средств химизации с учетом необходимых экологических ограничений.

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);
- используемые 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, NO_3^- , NO_2^- , нитрозоаминам; тяжелым металлам: Be, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co, Mo, Ni, Hg, V, Sn; остаткам средств защиты растений; обязательно – на ДДТ, ДДЕ, бензапирен, диоксины). При этом целесообразно использовать технологические карты и архивные материалы.

Для ряда регионов обязательным требованием при определении набора показателей для эколого-токсикологической оценки является проведение гамма-спектрометрии и радиометрии образцов почв, вод (в том числе грунтовых) и растений.

Выбор показателей осуществляется путем сравнения результатов, получаемых на основе инструментального анализа, с данными справочных материалов и последующей дифференциацией их по группам:

- ➔ показатели, не превышающие нормальные уровни содержания;

- ➔ показатели, не превышающие допустимые уровни содержания;
- ➔ экологически опасные уровни (содержание показателей превышает допустимые уровни).

Обязательным условием проведения эколого-токсикологической оценки является 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 низких уровнях промышленного воздействия такие площади могут не превышать одного-полутора гектаров. 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 накоплениями 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.

Агроэкологический мониторинг включает системные наблюдения за компонентами агроценоза по единой унифицированной программе. В перспективе же предполагается организация на каждом полигоне **автоматизированных систем контроля**.



Какие параметры свойств почв характеризуют их состояние при проведении мониторинга?

Основными агрофизическими параметрами почв являются: агрегированность, общая плотность и порозность, сложение, водопроницаемость, фильтрационная и водоудерживающая способность, гранулометрический состав.

Агрегированность (наличие агрономически ценных и водопрочных агрегатов) – одно из основных агрофизических свойств почв. Она определяет их воздушный и водный режимы, незаменимые факторы жизни растений. Дезагрегирование (обесструктуривание) приводит к уплотнению и значительному ухудшению водно-воздушных свойств (фильтрация, влагоемкость и др.) почвы.

Общая плотность и плотность твердой фазы почв позволяют оценить соотношение твердой фазы и порового пространства, то есть предпосылки и условия формирования водно-воздушного режима.

От **минералогического и гранулометрического состава** почв зависят наличие и доступность питательных элементов для растений, а также важные при механической обработке почв свойства – липкость, набухаемость и усадка.

Водопроницаемость, фильтрационная и водоудерживающая способности почв определяют их водный режим и необходимость мелиораций.

Ухудшение агрофизических свойств влечет за собой нарушение экологических функций почвы, в том числе снижение сорбционных свойств.

В системе агроэкологического мониторинга агрофизические параметры подлежат постоянному контролю.

Наиболее консервативным в отношении изменений является гранулометрический состав. Данный показатель целесообразно определять один раз в 5–10 лет. Определяют гранулометрический состав послойно через каждые 10 см с помощью бура методом пипетки (по Качинскому). Водопроницаемость, фильтрационная и водоудерживающая способности почв более динамичны во времени. Они существенно зависят от влажности, уплотненности и сложения почв. Данные показатели следует контролировать при полигонном мониторинге один раз в ротацию севооборота (из-за трудоемкости определения) в конце вегетации (после уборки), когда устанавливается относительно равновесная плотность почвы, а посевы не затрудняют полевое определение водопроницаемости и фильтрационной способности.

Постоянные наблюдения за состоянием агрофизических параметров позволяют предотвратить нежелательные изменения и ухудшение свойств почв, развитие негативных деградационных процессов, а в конечном итоге сохранить высокое плодородие почв, их важные экологические функции.

В сложной проблеме управления почвенным плодородием один из важнейших факторов – контроль за состоянием органического вещества.

Блок гумуса, несомненно, ключевой в почвенно-экологическом мониторинге, поскольку гумус почв, состояние его количественных и качественных характеристик определяют основные свойства и режимы почв, трансформацию и миграцию поступающих в процессе интенсификации земледелия и в результате техногенеза токсичных веществ.

Содержание и качественный состав гумуса не являются стабильными, консервативными показателями, слабо поддающимися воздействию антропогенных факторов, как это считали ранее. В настоящее время в полном комплексе показателей для определения уровня плодородия почв уже недостаточно учитывать только содержание в них гумуса, необходимо контролировать и его *качественное состояние*.

Заметные изменения природных показателей качества гумуса вызывает длительное систематическое применение удобрений. При этом групповой состав существенно не меняется. Соотношение основных групп, Сгк:Сфк, несколько увеличиваясь в большинстве исследованных почв в вариантах с внесением навоза, остается соответствующим типу гумуса, характерному зональному гумусообразовательному процессу.

В то же время органические и минеральные удобрения приводят к изменению фракционного состава гумуса, накоплению подвижных его форм, повышают его активность. До недавнего времени это считалось положительным явлением. Однако в некоторых случаях происходящие изменения могут носить негативный характер. Так, в результате длительного применения удобрений в черноземных почвах происходит перераспределение фракционного состава гумуса: увеличиваются гумусовые вещества первой фракции (подвижный гумус) и уменьшается наиболее ценная, связанная с Ca^{2+} , вторая фракция.

Таким образом, возможные изменения гумусового состояния по всему спектру показателей в результате тех или иных воздействий диктуют необходимость вести постоянные наблюдения за его состоянием, разрабатывать рациональные меры регулирования его баланса и качественных характеристик.

Для проведения широкомасштабных исследований гумусового состояния разных типов почв важное значение принадлежит единой комплексной программе, разработанной для агроэкологического мониторинга в Географической сети опытов. Программа предусматривает обязательный учет ряда унифицированных показателей, позволяющих достаточно объективно оценивать глубину и интенсивность воздействия различных факторов на гумус почв. Исходные принципы программы сформированы на основе длительных опытов. Основные из этих принципов следующие:

- для обеспечения статистической достоверности, корректности результатов контроль гумусового состояния следует проводить на постоянных пунктах слежения, в качестве которых могут использоваться делянки длительных опытов, реперные площадки (точки) полигонов и производственных территорий;
- повторные исследования содержания и запасов гумуса в почвах целесообразно проводить с учетом периода стабилизации изменений содержания и качественных показателей гумуса, вызванных использованием контролируемого агротехнического приема; этот период составляет 5–10 лет, и, следовательно, повторные анализы проводятся не чаще, чем прохождение звена или ротации севооборота;
- для изучения фракционно-группового состава используется наиболее отработанный и информативный метод И.В.Тюрина в модификации В.В.Пономаревой и Т.А.Плотниковой; иные методы фракционирования можно применять в качестве дополнительных;
- содержание, запасы и качественные показатели гумуса обязательно исследуются по всему органическому профилю почв;
- исследование гумусового состояния должно осуществляться в комплексе с изучением факторов и условий непосредственного воздействия; в частности, необходимы учет урожая основной и побочной продукции, биомассы растительного опада, корневых и пожнивных остатков; определение рН, гидролитической кислотности, степени насыщенности почв основаниями, содержание Na в поглощающем комплексе; определение актуальной и потенциальной биологической активности почв.

Приведенные программные блоки по контролю гумусового состояния почв в агроэкологическом мониторинге не являются исчерпывающими. Они, по мере накопления новой информации, нуждаются в дальнейшей корректировке, уточнении, совершенствовании. Тем не менее реализация вышеизложенных унифицированных программных положений в различных регионах позволяет в сравнительно непродолжительные сроки оценить направленность и степень изменения количественных и качественных характеристик гумуса почв, обосновать целесообразные пути регулирования его важнейших свойств и др.

Рассматривая агроэкологический мониторинг относительно проблемы почвенного гумуса, следует учитывать и такие обстоятельства. Многочисленными исследованиями установлено, что данные фракционно-группового состава позволяют выявить генетические особенности гумуса различных почв, но малопригодны для оценки изменения природы гумусовых веществ под влиянием различных факторов, даже при длительном воздействии земледельческих приемов. Поэтому направленное регулирование количества и качества гумусовых соединений выдвигает важнейшую задачу – разработку методов диагностики их изменений под влиянием различных факторов техногенеза.

Самым сложным при этом является разработка экологических критериев оценки деградации гумусовых соединений и нормирование техногенных нагрузок на почвы и другие компоненты агроландшафта. В значительной мере они обусловлены негативными

результатами часто необоснованного, а нередко и агрессивного, техногенного воздействия на компоненты биосферы (почву, растительность, природные воды и т.д.).

Отсюда возникает острая необходимость проведения комплексных эколого-химических исследований данного явления на разных уровнях организации вещества.

Своеобразным, уникальным природным индикатором, способным адекватно отразить воздействие продуктов техногенеза (в частности, токсикантов, а также отдельных приемов и способов земледелия и химизации на экосистемы), являются гумусовые соединения почв, в которых биогеохимические потоки вещества и энергии не только «закрываются», но и своеобразно трансформируются.

Исследование состава, свойств и структурных особенностей гумусовых кислот, фульвокислот и их фракций основных типов почв, определение изменений гумусовых кислот под влиянием микроорганизмов и различных приемов интенсивного земледелия с применением комплекса методов физико-химического анализа позволяют рекомендовать для решения почвенно-генетических и почвоохранных задач для целей экологической экспертизы систему структурно-статических диагностических показателей трансформационных изменений гумусовых веществ под воздействием природных и техногенных факторов. Предлагаемая система состоит из пяти блоков:

- ➔ элементный и фракционный анализ;
- ➔ спектрофотометрия в видимой области;
- ➔ ИК-спектроскопия;
- ➔ дериватографический анализ;
- ➔ пиролитическая масс-спектрометрия.

Гумусовое состояние может быть оценено структурно-статистическими параметрами, установленными на основе каждого метода. Наиболее полная информация обеспечивается использованием совокупной системы структурно-статистических диагностических показателей, устанавливаемых на основе комплекса методов физико-химического анализа.

Для количественной оценки степени деградации рекомендуется использовать наиболее обобщающие и информативные параметры (табл. 1.2.4).

Параметры деградации гумусовых соединений представлены в виде относительных единиц, поскольку абсолютные величины критериев деградации существенно варьируют на типовом уровне и по гранулометрическому составу. При этом за 100% принимаются значения показателей фоновых недеградированных гумусовых соединений. Установленные значения показателей деградации следует корректировать с учетом поправочных коэффициентов, отражающих степень деградации гумусовых соединений в зависимости от гранулометрического состава почв (табл. 1.2.5).



Какова роль биологического азота в воспроизводстве плодородия почв?

В формировании экологически адаптированных систем земледелия большое значение придается **биологическому азоту**, вовлекаемому в сферу вещественно-энергетических преобразований в агроценозах посредством использования продукционных возможностей бобовых культур (главным образом, многолетних трав). При расширен-

ном воспроизводстве плодородия почв вся технология возделывания бобовых культур и система удобрения должны способствовать максимальной симбиотической фиксации азота атмосферы и, благодаря этому, обеспечивать рост урожайности без применения азотных удобрений.

Таблица 1.2.4

**Параметры деградации гумусовых кислот дерново-подзолистых почв
(% к ГК недеградированных почв)**

Диагностические показатели	Деградация		
	слабая	средняя	сильная
Содержание С, ат. %	85–90	75–85	75
Содержание Н, ат. %	85–90	80–85	80
Степень окисленности	80–85	75–80	75
Атомное отношение Н/С	80–85	75–80	75
Отношение алифатических аминокислот к сумме ароматических и гетероциклических	80–85	75–80	75
Отношение гуматов к гумусовым кислотам	80–85	75–80	75
Потеря массы органического вещества в результате термодеструкции	70–75	65–70	65
Соотношение периферических и центральной частей	85–90	80–85	80
Соотношение неароматических и ароматических соединений	80–85	75–80	75

Таблица 1.2.5

Поправочные коэффициенты для оценки степени деградации гумусовых соединений почв разного гранулометрического состава

Степень деградации	Песок	Супесь	Легкие суглинки	Средние суглинки	Тяжелые суглинки и глины
Недеградированные почвы	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Деградация:					
слабая	1,25	1,25	1,10	1,05	1,05
средняя	1,45	1,30	1,20	1,25	1,15
сильная	1,60	1,45	1,30	1,35	1,20

Без надежной информации о реальном вкладе биологического азота и органического вещества бобовых в различных почвенно-климатических условиях в зависимости от насыщенности севооборота бобовыми культурами и их видового состава трудно избежать негативных экономических и экологических последствий.

Для реализации потенциала биологического азота в практике земледелия необходима достоверная информация, позволяющая разработать систему оценочных показателей, первостепенные из которых:

- ▶ размеры азотфиксации бобовыми при различной их урожайности;
- ▶ количество вовлекаемого атмосферного азота и поступление в почву органического вещества;
- ▶ возможные уровни урожайности зерновых за счет использования азота бобовых и величина потребности в минеральном азоте при возделывании культур по бобовым предшественникам.

Исходными данными для решения этих вопросов должны служить материалы агроэкологического мониторинга.

В севооборотах с бобовыми культурами определение коэффициента азотфиксации требуется для оценки показателя интенсивности азотфиксации различными группами бобовых в зависимости от изучаемых факторов, а главным образом, для установления реального баланса азота почвы. С помощью коэффициента азотфиксации оценивают долю симбиотического азота, поступившего в почву с пожнивно-корневыми остатками бобовых (приходная статья), а также величины отчуждения бобовыми азота из почвы и удобрений (расходная статья). Для культуры бобовых вынос азота (N_B) должен определяться с поправкой на азотфиксацию (между тем этим требованием часто пренебрегают) по формуле:

$$N_B = N_y \cdot (1 - K_\phi),$$

где N_y – общий азот в урожае (основная и побочная продукция, кг/га), K_ϕ – коэффициент азотфиксации.

В вариантах с внесением азотных удобрений (особенно в повышенных дозах) коэффициент азотфиксации у бобовых значительно снижается. И в таких случаях величина выноса азота из почвы и удобрений соответственно возрастает, а поступление симбиотического азота в почву уменьшается.

Для однолетних бобовых культур определение массы органического вещества, общего и симбиотического азота, поступающих в почву, проводится ежегодно в конце вегетации, для многолетних бобовых трав – в год распаивания их пласта.

Органическое вещество бобовых, поступающее в почву, состоит из массы пожнивных и корневых остатков в слое 0–40 см и активного органического вещества, выпадающего из непосредственного учета (мелкие живые и отмершие корешки, клубеньки, корневые эксудаты и т.д.). Учет в этом случае ведется косвенно путем введения поправочных коэффициентов (количественные их значения приводятся ниже).

Практически выполняется следующая процедура. Первоначально учитывается корневая масса в слое почвы 0–20 и 20–40 см, осуществляется это путем отмывки корней от почвы на ситах с отверстиями 1,5–2,0 мм. Далее полученная учетная масса стерни и корней умножается на поправочный коэффициент. В итоге обеспечивается относительная полнота учета всей органической массы бобовых, поступающей в почву.

Ориентировочные поправочные коэффициенты на полновесность органической массы с учетом мощности корневых систем различных видов групп бобовых рекомендуется принять такими:

- ➔ многолетние бобовые травы – 2,0
- ➔ бобово-злаковые смеси с долей бобового компонента более 50% – 1,8
- ➔ люпин кормовой, сераделла, кормовые бобы (на сено, зеленый корм, силос) – 1,6
- ➔ зернобобовые – 1,4
- ➔ однолетние бобово-злаковые травы – 1,3
- ➔ то же с долей бобового компонента более 25–40% – 1,5

Высокая эффективность действия бобовых предшественников на последующие культуры объясняется не только количеством биологического азота (прямой фактор), но и массой синтезированного органического вещества в почве (косвенный фактор), улучшающий ее структуру и водно-физические свойства. В результате обеспечивается более продолжительный временный эффект действия азота бобовых по сравнению с азотом минеральных удобрений.

В связи с этим важно перед посевом зерновой культуры после бобовых при расчете оптимальных доз азотных удобрений не только учитывать содержание минерального азота в почве, но и азот, используемый последующей культурой в результате минерализации органической массы бобовых, поступившей в почву.



В чем особенность регуляции фосфатного режима почв? Что такое фактор емкости и интенсивности?

Важнейшим показателем плодородия, определяющим уровень урожайности сельскохозяйственных культур и эффективность действия удобрений, является **содержание подвижного фосфора в почве**, что также относится к объектам агроэкологического мониторинга.

Результаты длительных отечественных и зарубежных опытов показали, что фосфорный режим почв требует направленного регулирования. Задача состоит в том, чтобы достичь в почве такого содержания фосфора, при котором он не являлся бы фактором, ограничивающим урожай.

Первая часть проблемы – создание определенного уровня фосфора в почве – обоснована исследованиями системы «почва–удобрения–растения». Установлено, что для обеспечения потребности растений в фосфоре первостепенное значение имеет концентрация его в почвенном растворе у поверхности корней. Уровень концентрации зависит от поглощения фосфора корнями растений и восстановления ее за счет перехода фосфора из твердой фазы. Чем больше запас ионов, способных к обмену между твердой и жидкой фазами почвы (фактор емкости), чем выше их подвижность (фактор интенсивности), тем быстрее концентрация восстанавливается, а растения лучше обеспечиваются фосфором.

Для нормального роста и развития растений почва должна иметь такой запас фосфора, который обеспечивает высокую интенсивность перехода фосфат-ионов из твер-

дой фазы в раствор и устойчивое снабжение поверхности корней потоком ионов со скоростью, адекватной скорости поступления фосфора в корни.

Запас подвижных фосфатов (фактор емкости) определяется для каждой почвенной разности стандартным методом.

В системе агроэкологического мониторинга для решения вопросов оптимизации фосфорного питания растений можно применять также **методы растительной диагностики**. Эти методы, основанные на результатах физиологических и агрохимических исследований (определенная зависимость химического состава растений по фазам и периодам вегетации от уровня удобренности культур), используются во многих странах. Практический опыт проведения растительной диагностики показывает, что реакция возделываемого растения на поступление и потребление питательных веществ проявляется довольно быстро и достаточно точно отражает их уровни.

Эколого-агрохимическая оценка фосфорных удобрений должна содержать не только сведения об основном питательном элементе – фосфоре, но и о наличии в составе удобрения примесей, представляющих опасность для окружающей природной среды. Тяжелые металлы, фтор и другие ингредиенты необходимо определять в самих удобрениях, а также в почве в случае их выявления и в растительной продукции по наиболее контрастным вариантам.

В улучшении плодородия почв, повышении продуктивности возделываемых культур особая роль принадлежит органическим удобрениям. Будучи важным источником пополнения запасов доступных растениям питательных веществ, они оказывают положительное мелиоративное влияние на почву, способствуя, в частности, оптимизации ее гумусового состояния. Известна положительная роль органических удобрений в нейтрализации токсических свойств тяжелых металлов в результате связывания их в малодоступные соединения, ослаблении токсического действия других химических элементов. Например, в Японии содержание кадмия в рисе снижалось при внесении птичьего помета, компоста или муки из рисовой соломы. Уменьшение токсичности соединений хрома отмечено при внесении торфа или осадка сточных вод в количестве не более 100 т/га.



Какую опасность в экологическом плане может представлять применение бесподстилочного навоза и осадка сточных вод?

Несмотря на большое производственное значение органических удобрений, накоплено немало данных о больших потерях органикой питательных элементов, высоких концентрациях токсических веществ в сельскохозяйственной продукции главным образом из-за нарушения технологии использования данного вида удобрений (особенно различных видов **бесподстилочного навоза**).

Концентрация животноводства, развитие его на промышленной основе коренным образом изменили структуру и качество органических удобрений. Сократилась доля подстилочного навоза (до 20% от общей массы); одновременно увеличился выход бесподстилочного полужидкого и жидкого навоза и навозных стоков.

Применение высоких доз бесподстилочного навоза сопровождается накоплением фосфора в почве, а также повышением его содержания в грунтовых водах.

Из применяемой в качестве удобрений органики наибольшую опасность для окружающей среды могут представлять *осадки сточных вод*. Применение их в качестве удобрения возможно в научно обоснованных дозах только после тщательного химического анализа и санитарной проверки на специальных площадках.

Учитывая возможность загрязнения окружающей среды, необходимо осуществлять постоянный контроль за качеством органических удобрений, содержанием в них токсичных веществ, а также накоплением последних в почве и растениях.

Расширенное воспроизводство плодородия почв, будучи одной из важных природоохранных задач, предусматривает постоянную заботу о пополнении запасов гумуса. Это возможно в значительной мере при максимальном использовании различных видов органических отходов в качестве удобрений. **Наблюдается прямая связь: чем больше внимания уделяется грамотному использованию навоза и других органических удобрений, тем выше культура земледелия.** Нарушение научно обоснованных рекомендаций по приготовлению, хранению и внесению органических удобрений не только существенно снижает их эффективность, но и заметно повышает вероятность загрязнения природных комплексов и их составляющих.

Сообразуясь с требованиями экологической безопасности, надо осуществлять обязательный контроль по основным блок-компонентам агроэкосистем. **В частности, различные виды органических удобрений должны анализироваться 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.



В чем суть поведения различных видов токсикантов в объектах окружающей среды и их действие на организм человека?

Закономерности поведения в объектах внешней среды (атмосфера, вода, почва, растение) большого набора химических средств защиты растений, регуляторов роста, ингибиторов, дефолиантов и десикантов, а также азотсодержащих токсикантов (нитраты, нитриты, нитрозоамины) и тяжелых металлов достаточно хорошо изучены в модельных экспериментах.

Установлены концентрации названных веществ и препаратов, вызывающие гибель 50% подопытных животных (LD_{50}); выявлены периоды полураспада химических соединений в объектах внешней среды (T_{50}) и разложения на 80 и 100% (T_{80} и T_{100}). Для многих веществ известны закономерности динамики их трансформации и деградации в почве и растениях: наиболее существенные метаболиты. Разработаны нормативы предельно допустимых концентраций токсикантов в атмосфере, воде и почве (ПДК) и максимально допустимые уровни их содержания в растениеводческой продукции (МДУ), а также методы определения остатков пестицидов в объектах среды.

Однако этого пока недостаточно для того, чтобы уверенно давать рекомендации по использованию агрохимикатов в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Суть вопроса в том, что вышеназванные параметры практически не изучены при комплексном применении средств химизации. В практике же земледе-

лия очень редки случаи, когда используют какой-либо один препарат. Обычно употребляется комплекс средств химизации, применяемых или совместно (в виде баковых смесей), или последовательно с короткими интервалами. Как в том, так и в другом случае агрохимикаты в почве и растениях вступают в сложные взаимодействия, характер и направленность которых могут существенно отличаться (антагонизм, синергизм, аддитивизм), что, в конечном счете, меняет установленные для использовавшихся в чистом виде «индивидуальных» веществ закономерности.

При комплексном применении средств химизации возникают специфические вопросы суммарной токсичности почвы, вредности (или безвредности) растениеводческой продукции, которые невозможно определить традиционными методами. Остаточные количества всех применявшихся препаратов могут быть на уровне МДУ, однако на вопрос: имеет ли место синергетический эффект – однозначно ответить сегодня невозможно.

Все это объективно диктует необходимость проведения в стационарных длительных опытах или на полигонах агроэкологического мониторинга всесторонних исследований, позволяющих получить обоснованные сравнительные характеристики неодинаковых по степени «насыщения» агрохимикатами систем комплексного применения средств химизации в севооборотах разных типов.

Важным показателем является динамика содержания пестицидов в почве и растениях. Для изучения динамики пробы отбираются, как минимум, в 3–4 срока: первый срок – в день обработки (исходное содержание), а далее – через 3–5, 15–30 и 50–60 дней после обработки, а также при уборке урожая. Наименьшие временные интервалы берутся при использовании нестойких препаратов, наибольшие – при использовании стойких.

Определение остаточных количеств пестицидов в почве и растениях проводится по официальным методам, утвержденным уполномоченными на то органами (Госхимкомиссия, Минздрав и др.). Оценивается получаемая информация путем сравнения с нормативами ПДК и МДУ в почве и растениях.

Параллельно с остатками пестицидов в растительных образцах на основе стандартных методов исследуется содержание азотсодержащих токсикантов (NO_2^- , NO_3^- , нитрозоамины), тяжелых металлов, фтора, мышьяка, хлора, ряда микроэлементов.

Весьма важное значение в агроэкологическом мониторинге принадлежит определению суммарной вредности (или безвредности) растениеводческой продукции. Суммарная фитотоксичность почвы оценивается, как правило, методом биоиндикации, разработанным в ВИУА.



Что такое биологическая активность почвы? Какую роль играют микроорганизмы в повышении плодородия почвы?

Микрофлора почвы – основной фактор почвообразовательного процесса. Качество почвы определяется уровнем ее плодородия. Важнейшие показатели почвенного плодородия – биомасса микроорганизмов, интенсивность протекающих в почве биохимических процессов, таксономический состав микрофлоры и ее функциональное разнообразие.

Закономерно, что одна из первоочередных задач этой системы заключается в оценке параметров биологической активности почв с разными уровнями плодородия, сформированными на основе различных систем земледелия в длительных стационарных опытах. Такого рода оценки должны проводиться на основных типах почв в различных по природным условиям земледельческих зонах.

Полученные таким образом материалы являются исходной базой для разработки критериев микробиологической оценки качества почвы и создания банков нормативной информации, необходимых для управления почвенным плодородием и охраной окружающей природной среды. Современные возможности накопления, обработки, хранения и представления информации открывают широкие возможности для более обоснованного, а главное – конструктивного решения управленческих задач в области почвенного плодородия.

Разработка качественных и количественных параметров, нормативной базы биологических свойств почвы позволяет развернуть систематические наблюдения за их изменениями в процессе сельскохозяйственного производства.

Соответственно изложенному представляется, что цели **микробиологического мониторинга** (как составной части агроэкологического мониторинга) можно определить следующим образом:

- Получение информации по основным параметрам биологических свойств почвы для различных регионов страны.
- Оценка соответствия почв нормативным требованиям.
- Прогноз возможных путей эволюции почв под влиянием тех или иных агротехнических мероприятий.
- 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.

1.2.4. Биогеохимические подходы к проведению агроэкологического мониторинга

Связь между различными компонентами агроэкосистемы, как и биосферы в целом, осуществляется через биогеохимические круговороты, представляющие собой синтез согласованных во времени и пространстве трансформационных и миграционных потоков веществ, носящих циклический характер. Следовательно, для достижения целей агроэкологического мониторинга и последующей разработки методов исследований конкретных элементов (веществ) актуальным является биогеохимическое районирование территорий.

Структура агроэкологического мониторинга включает универсальные параметры, характеризующие каждый компонент агроэкосистемы. Важнейшая задача – получение высококачественной продукции – требует всестороннего и разноуровневого контроля. Токсические вещества, поступающие в агроэкосистемы в результате деятельности че-

ловека, через атмосферу, гидросферу и почву, включаются в биогеохимические круговороты, транспортируются по цепочке: растения–корма–продукты питания–организм животных–организм человека. Очевидно, что, будучи одним из обязательных условий формирования системы целенаправленного управления производством экологически безопасной сельскохозяйственной продукции, агроэкологический мониторинг должен основываться и на знании процессов **биогеохимического круговорота** веществ. При этом важна «емкость» мониторинга. В перечень показателей, подлежащих контролю, обязательно входят элементы, влияющие опосредованно или прямо на организм человека и животных (бериллий, никель, селен, фтор, хром и др.). Возможное наличие биогенных элементов, тяжелых металлов и других ингредиентов следует контролировать в поливной и питьевой воде, растительной и животной продукции, лекарственном сырье; должен также осуществляться контроль за качеством продукции в процессе переработки и т.д. **По сути дела, подконтрольной должна быть вся трофическая цепь.**

Для объективного учета биогеохимических особенностей территорий при проведении мониторинга целесообразно основываться на многолетних сведениях, в том числе:

- ➔ исторических (характер землепользования за период в 50 лет и более, начало эксплуатации земельного фонда, динамика уровней химизации и т.п.);
- ➔ агрохимических (сравнение с ранее взятыми почвенными монолитами анализов современных почв, особенно по содержанию микроэлементов, тяжелых металлов и др.);
- ➔ о климатических условиях, развитии процессов химического загрязнения воздуха и водных источников; о наличии естественных биогеохимических провинций.

Среди химических элементов, слагающих биосферу, нашу планету, живое вещество, почвенный покров и неживое вещество, 60–70 называются рассеянными (или следовыми), концентрация которых весьма мала. Обычно она измеряется величинами порядка $n \cdot 10^{-2}$ – $n \cdot 10^{-5}\%$. Однако в пересчете на размеры земной коры общие запасы микроэлементов на Земле получаются весьма внушительными.

Показателем биогенного круговорота в различных природно-хозяйственных зонах может служить соотношение концентрируемых и деконцентрируемых растениями элементов (по отношению к почве), а также соотношение растений концентраторов и деконцентраторов [Глазовская, 1987].

Биологическое поглощение микроэлементов растениями можно оценивать с помощью коэффициентов биологического поглощения, которые рассчитываются по отношению содержания микроэлементов в растениях к содержанию их в почвах (С зола/С почва).

На основе коэффициентов биологического поглощения выделены растения-индикаторы (растения, способные накапливать в больших количествах тот или иной элемент).

В результате сложных многовековых геохимических процессов поверхность и почвенный покров континентов приобрели специфические геохимические черты. Возникли и сформировались различные геохимические провинции и области, характеризующиеся определенным составом мигрирующих соединений, условиями реакции среды и окислительно-восстановительным режимом, накоплением и выносом макро- и микроэлементов.

Физиологическое и агрономическое значение имеет не валовое содержание микроэлементов, а их «подвижные» формы в почве.

Это привело к выводу о необходимости глубокого комплексного исследования биогеохимической географии микроэлементов, форм их соединений, закономерностей миграции и аккумуляции, их значения в плодородии почв и роли в гигиене и здоровье человека.

Практически для каждого элемента целесообразно различать четыре уровня концентрации:

- дефицит элемента (организм «страдает» от недостатка элемента);
- оптимальное содержание (отмечается хорошее состояние организма);
- допустимые концентрации (начинают появляться депрессивные явления в организме);
- губительные концентрации (фатальные) для данного организма.

Приходится, однако, признать, что в России пока еще отсутствует надежная организационная система, способная обеспечить жесткие ограничения и строгий контроль за содержанием тяжелых металлов и других токсических веществ в кормах для животных, в продуктах питания и т.д. Трудности здесь обусловлены прежде всего слабой изученностью процессов миграции в системе «почва–растение», а следовательно, и сложностью сформировать хорошую исходную информационную базу.

Введение системы действенного контроля и обоснованных норм – сложная комплексная задача, требующая разносторонних исследований и участия специалистов разных профилей. Агроэкологический мониторинг при этом должен включать:

- ▶ биогеохимическое обследование почв по зонам с целью уточнения границ и оценки состояния биогеохимических провинций и районов на данный период;
- ▶ определение как валового содержания элементов, так и их подвижных форм с помощью современных инструментальных методов для последующего формирования банков и баз данных;
- ▶ определение элементного химического состава основных сельскохозяйственных культур по регионам для выявления родовой и видовой биогеохимической специфики растений зональных агроценозов: выявление растений-индикаторов;
- ▶ установление средних статистических показателей содержания элементов в различных типах почв в качестве «фоновых» характеристик;
- ▶ определение подвижных форм макроэлементов и тяжелых металлов в образцах почв по методике, исключающей изменения подвижности элементов в результате химических и биологических процессов при хранении образцов;
- ▶ контроль динамики анионов в почве, оказывающих значительное влияние на подвижность металлов.

1.2.5. Экологическая оценка загрязнения природной среды тяжелыми металлами

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 загрязнения живыми организмами как непосредственно в зонах загрязнения, так и с участием их переноса по трофическим цепям;
- определение динамики загрязнения природной среды, скорости и объемов поступления, распространения и выведения изучаемых соединений; получение материалов прогнозного характера.

В ряде перечисленных задач последние две имеют большое значение для проведения соответствующих экспертных работ, обязательным требованием к которым является высокая достоверность.

Качество получаемых оценок определяется качеством мониторинга (уровень планирования и выполнения полевых и лабораторных работ, их многозвенность, этапность, метрологическое обеспечение, наличие необходимой нормативной базы, состав и квалификация специалистов).

Первоначально проводятся рекогносцировочные обследования состояния почвенного покрова территории, по результатам которых составляется заключение, в котором дается экологическая оценка состояния почвенного покрова, а также делаются выводы о целесообразности или нецелесообразности более детальных полевых исследований. Принадлежность элемента-загрязнителя к тому или иному классу опасности определяется в соответствии с принятыми стандартами.

Несмотря на применение все более совершенных аналитических методов для определения микро- и ультрамикрочисел элементов и веществ, отмечается тенденция увеличения ошибочных результатов. Выход здесь один:

- ➔ строгая унификация всех процедур проведения анализа;
- ➔ регламентация качества используемого оборудования, посуды, реактивов;
- ➔ организация строгого метрологического контроля проводимых анализов посредством использования разнообразных поверочных средств.

Кроме того, должны соблюдаться требования к чистоте воды, реактивов, посуды, наконец, воздуха в лабораторном помещении. Все это позволяет уменьшить и исключить ошибки опытов, а в конечном счете – не случайную постоянную погрешность определения микро- и ультраконцентраций химических элементов.

1.2.6. Особенности проведения агроэкологического мониторинга на мелиорированных землях

В районах орошаемого земледелия требуется более обстоятельный учет влияния орошения, средств химизации и других факторов на плодородие почв, урожайность и качество получаемой продукции, минерализацию и загрязнение поверхностных и грунтовых вод.



В чем особенность агроэкологического мониторинга на мелиорированных землях?

Задача мониторинга заключается в контроле, оценке, прогнозировании и управлении состоянием основных показателей плодородия почвы и гидрогеологической среды с целью получения высоких и устойчивых урожаев хорошего качества при минимальных расходах воды и удобрений на единицу продукции, а также предотвращения загрязнения окружающей природной среды.

Мониторинг, осуществляемый на базе длительных стационарных опытных и специальных полигонов, целесообразно сопровождать лизиметрическими и микрополевыми опытами с меченым азотом.

Агроэкологический мониторинг должен проводиться во всех зонах орошаемого земледелия с учетом внутризональных почвенных и гидрогеологических особенностей. Набор контролируемых показателей в разных почвенно-климатических зонах может варьировать.

Для изучения динамики содержания подвижных форм элементов питания в почве почвенные образцы необходимо отбирать в основные фазы развития тех или иных культур. Определение содержания нитратного и аммонийного азота проводится в слоях: 0–30, 31–40, 41–60, 61–80, 81–100 см. В начале и конце вегетационного периода содержание нитратного азота определяется и в более глубоких слоях (100–120, 121–140, 141–160, 161–180, 181–200 см или же до уровня грунтовых вод при близком их стоянии).

Содержание подвижного фосфора и калия по основным фазам развития фиксируется в слоях 0–30 и 31–40 см. Содержание подвижного фосфора и калия, форм этих элементов и степень их подвижности в указанных слоях почвы и до метровой глубины измеряются в начале и конце вегетации первой и последней культур севооборота.

Содержание подвижных форм микроэлементов, фтора и тяжелых металлов, нитрификационная способность и биологическая активность почвы, содержание легкогидролизуемого азота диагностируются в пахотном слое почвы в начале активной вегетации культур.

В зонах распространения засоленных почв в начале и конце периода вегетации находится общее содержание водорастворимых солей и состав их в слоях: 0–30, 31–40, 41–60, 61–80, 81–100 см или до горизонта грунтовых вод (при глубине их залегания 1,5–2,0 м). При больших глубинах стояния грунтовых вод (3–4 м и более) замеры проводятся в специальных скважинах. В основании фазы развития культур определяется общее содержание солей, их состав (в том числе содержание нитратов). При наличии

дренажной сети фиксируют степень минерализации и состав солей, содержание питательных веществ, остатков пестицидов в дренажных водах.

В зонах распространения солонцеватых почв и солонцов после проведения специальных мелиоративных приемов (внесение гипса или фосфогипса, плантажная или трехъярусная вспашка и другие мероприятия) в начале и конце вегетации устанавливается содержание обменного натрия в мэкв/100 г и в процентах от емкости поглощения в слоях 0–30, 31–40 и 41–50 см.

Кислотность почвы (рН водной и солевой вытяжки) в пахотном слое выщелоченных черноземов, серых лесных и дерново-подзолистых почв следует оценивать в начале вегетации.

При выращивании сельскохозяйственных культур по технологиям, предусматривающим применение пестицидов, в конце вегетационного периода в пахотном слое почвы диагностируется содержание остатков этих препаратов и их метаболитов, нитрозоаминов.

Определение объемной массы пахотного слоя почвы соотносится с началом и концом вегетационного периода и проводится по почвенному профилю до глубины 100 см. При этом учитывают продолжительность ротации севооборота. Микроагрегатный состав пахотного и подпахотного слоев (0–30 и 31–50 см) устанавливают в начале вегетации первой и последней культур севооборота, а также культур, размещаемых по пласту и обороту пласта люцерны и клевера.

В условиях орошения необходим постоянный контроль за влажностью почвы. Отбор образцов проводится послойно через 10 см до метровой глубины в период появления всходов, затем через 7–10 дней в период вегетации и перед уборкой, а также перед поливом и после.

Валовое содержание N, P₂O₅ и K₂O, содержание гумуса, наименьшую влагоемкость (НВ), максимальную гигроскопичность, влажность устойчивого завядания, плотность твердой фазы (удельная масса) фиксируют в пахотном (0–30 см) и нижележащих слоях до глубины одного метра (по генетическим горизонтам с указанием их мощности или в слоях 30–40, 41–60, 61–80, 81–100 см) в начале вегетации первой и в конце вегетации последней культур севооборота.

Определение фракционного состава гумуса, емкости поглощения, состава обменных оснований, гидролитической кислотности (в кислых почвах), карбонатности, валового содержания Ca, Mg, S, Al, Fe, микроэлементов, фтора, тяжелых металлов проводится в пахотном слое почвы в начале и конце ротации севооборота.

Для диагностики указанных показателей в необходимые сроки с помощью бура отбирают образцы почвы, составленные смешиванием пяти индивидуальных образцов, взятых с пахотного слоя, и трех – с нижележащих слоев. Влажность почвы определяется в индивидуальных образцах, взятых с трех скважин на делянке (полигоне).

Оценивается также содержание макро- и микроэлементов в растениях в основные фазы их развития; содержание нитратов, нитритов, нитрозоаминов, остатков пестицидов и их метаболитов, фтора, тяжелых металлов в получаемой продукции.



|| В чем особенность агроэкологического мониторинга на осушаемых землях?

Для **осушенных почв** мониторинг должен включать наблюдения за состоянием и изменением их во времени и пространстве, оценку состояния почвенного покрова и прогноз возможных его изменений; разработку научно обоснованных приемов регулирования состояния почв и режимов, непосредственно определяющих их плодородие.

На осушаемых землях основными процессами, приводящими к отрицательным экологическим последствиям, являются: загрязнение растительной продукции нитратами, а кормов – избыточным количеством калия; загрязнение почвы тяжелыми металлами, пестицидами и другими нежелательными ингредиентами. Особое значение приобретают процессы разрушения органического вещества, наблюдаемые прежде всего на торфяных почвах («сработка» торфа). Разрушение органического вещества приводит к потерям его, а с ним – и элементов почвенного питания, обуславливает увеличение концентрации биогенных элементов, продуктов техногенеза в дренажных и грунтовых водах, близлежащих водоемах.

Особенностью осушаемых почв является высокая степень подвижности элементов питания и связанное с этим более интенсивное вымывание их в окружающие водоемы и т.д.

1.2.7. Организация информационной базы данных агроэкологического мониторинга

Комплексная информация, получаемая в длительных и краткосрочных опытах, входящих в систему полигонного и локального агроэкологического мониторинга, представляет собой достаточно сложную структуру, включающую широкий набор количественных и качественных характеристик, всесторонне описывающих особенности растения и среду их обитания. Полноценная ее систематизация, обработка и анализ данных, эффективное и оперативное использование для последующего решения различных функциональных задач возможны при организации упорядоченных информационных потоков в виде баз или банков данных. Необходима формализация экспериментального материала, что, в свою очередь, предполагает проведение классификации информации, ее структурирование и представление в достаточно унифицированных и, по возможности, гибких, легко модифицируемых формах (рис. 1.2.3).

В соответствии с требованиями по проектированию баз данных в первую очередь разрабатываются концептуальная, логическая и физическая структуры и создаются макеты таких баз. Должны быть определены общие принципы классификации информации и формы ее представления (рис. 1.2.4).

Опыты, проводимые в рамках полигонного мониторинга, объективно делятся на краткосрочные и длительные. Анализ и оценка специфики опытов этих групп и получаемой на их основе информации, решаемых функциональных задач обуславливают целесообразность формирования баз данных по разделам – «краткосрочные опыты» и «долгосрочные опыты».

Таким образом, база данных полигонного мониторинга включает следующие предметные разделы:

- каталоги опытов;
- описание краткосрочных опытов;
- описание длительных опытов;
- материалы наблюдений на полигонах с автоматизированными системами контроля.

Организация любой базы данных требует наличия соответствующих классификаторов. Входящий в состав рассматриваемой базы данных локальный классификатор основан на имеющихся отраслевых.

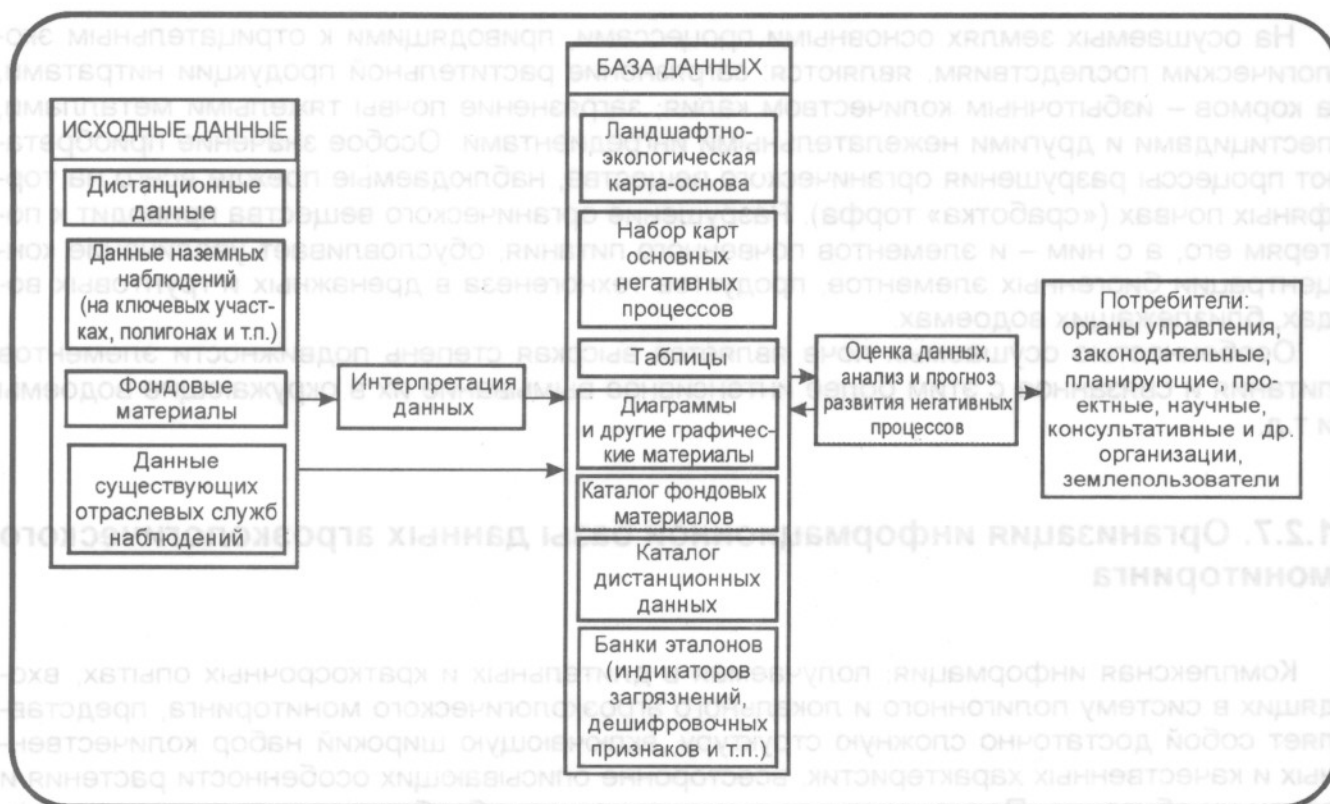


Рис. 1.2.3. Формирование баз данных агроэкологического мониторинга (на примере мониторинга земель)

При проектировании базы данных разработчики, исходя из пожеланий заказчика, предусматривают возможность ввода непосредственно агрегированной информации по специально составляемой форме. **В конечном итоге создаваемая по материалам длительных опытов база данных содержит:**

- паспорт севооборота;
- первичную информацию по ротациям и полям севооборота;
- агрегированную информацию.



Какова технология получения информации в системе полигонного мониторинга?

Рассматривая динамичную часть базы данных полигонного мониторинга, уместно отметить следующее. Первичный съем определенного объема информации с опытов, оснащенных автоматизированным информационно-измерительным комплексом, осуществляется с помощью системы датчиков и передается на установленную ЭВМ Центрального поста. Здесь осуществляются:

- ➔ прием информации с датчиков;
- ➔ фильтрация данных и преобразование их по градуировочным кривым;

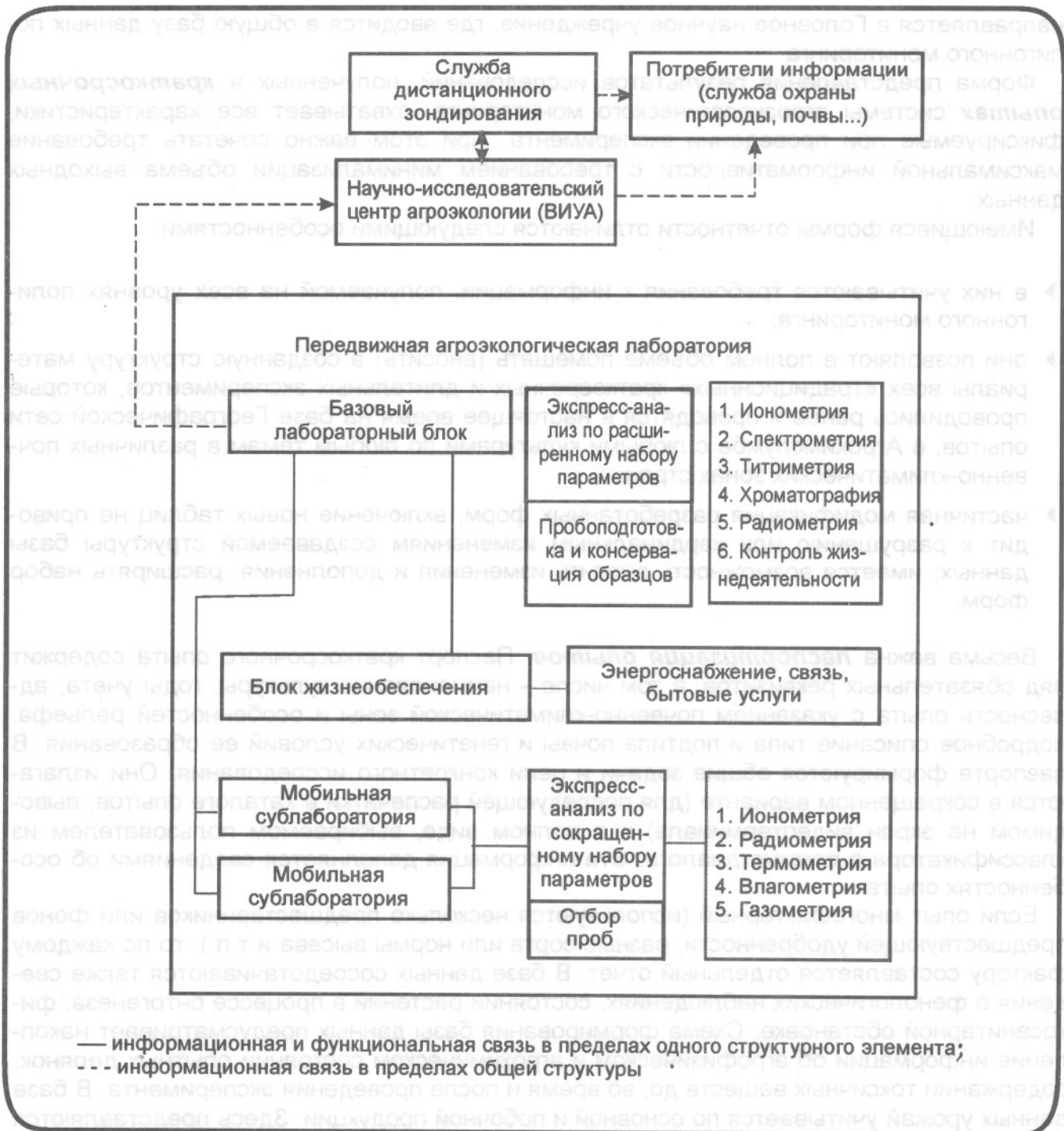


Рис. 1.2.4. Структурные элементы передвижной агроэкологической лаборатории

- ➔ формирование локальной базы данных и их визуализации;
- ➔ подготовка сведений полигонного мониторинга для ЭВМ научного учреждения;
- ➔ формирование архивов.

На этом уровне целесообразны первичный анализ данных, подготовка и выдача оперативных справок о состоянии агроэкосистемы. Далее накопленная информация

направляется в Головное научное учреждение, где вводится в общую базу данных полигонного мониторинга.

Форма представления результатов исследований, полученных в **краткосрочных опытах** системы агроэкологического мониторинга, охватывает все характеристики, фиксируемые при проведении эксперимента. При этом важно сочетать требование максимальной информативности с требованием минимализации объема выходных данных.

Имеющиеся формы отчетности отличаются следующими особенностями:

- ▶ в них учитываются требования к информации, получаемой на всех уровнях полигонного мониторинга;
- ▶ они позволяют в полном объеме помещать (вносить) в созданную структуру материалы всех «традиционных» краткосрочных и длительных экспериментов, которые проводились ранее и проводятся в настоящее время на базе Географической сети опытов, в Агрохимслужбе с любыми культурами по любым темам в различных почвенно-климатических зонах страны;
- ▶ частичная модификация разработанных форм, включение новых таблиц не приводит к разрушению или кардинальным изменениям создаваемой структуры базы данных; имеется возможность вносить изменения и дополнения, расширять набор форм.

Весьма важна **паспортизация опытов**. Паспорт краткосрочного опыта содержит ряд обязательных реквизитов, в том числе – наименование культуры, годы учета, адресность опыта с указанием почвенно-климатической зоны и особенностей рельефа, подробное описание типа и подтипа почвы и генетических условий ее образования. В паспорте формируются общие задачи и цели конкретного исследования. Они излагаются в сокращенном варианте (для последующей распечатки в каталоге опытов, выводимом на экран видеотерминала) и в полном виде, выбираемом пользователем из классификатора в режиме диалога. Эта информация дополняется сведениями об особенностях опыта.

Если опыт многофакторный (используются несколько предшественников или фонов предшествующей удобренности, разные сорта или нормы высева и т.п.), то по каждому фактору составляется отдельный отчет. В базе данных сосредотачиваются также сведения о фенологических наблюдениях, состоянии растений в процессе онтогенеза, фитосанитарной обстановке. Схема формирования базы данных предусматривает накопление информации об агрофизическом и агрохимическом состоянии опытных участков, содержании токсичных веществ до, во время и после проведения эксперимента. В базе данных урожай учитывается по основной и побочной продукции. Здесь представляются результаты химического анализа основной и побочной продукции по элементному составу. В конечном счете обеспечивается достаточная полнота информации, получаемой в краткосрочных опытах различной тематической направленности.

Паспорт длительного опыта (дополнительно к паспортным данным краткосрочного опыта) включает материалы, характеризующие пространственно-временные особенности изучаемой системы севооборота. Для этого, например, в качестве обязательных характеристик фигурируют такие реквизиты, как вид севооборота, число полей в натуре, фактическое чередование культур в севообороте и заданное чередование их по годам.

В отличие от краткосрочного в схеме длительного опыта приводятся среднегодовые дозы удобрений, мелиорантов и т.д., то есть учитывается насыщенность севооборота по вариантам. Фиксируется изменение схемы опыта во времени по ротациям.

Получаемая интегрированная информация позволяет проводить комплексную оценку влияния изучаемых факторов во времени и в пространстве.

Соблюдение принципов гибкости системы хранения информации обеспечивает возможности ее дальнейшего наращивания и развития.



Какие вопросы (направления) агроэкологического мониторинга остаются нерешенными?

Подытоживая выше изложенное, уместно обратить внимание на следующие обстоятельства. Рассмотренные сведения по агроэкологическому мониторингу относятся в первую очередь к отраслям растениеводства. Они, несомненно, позволяют получить важный и необходимый материал для серьезной экологизации этой области сельскохозяйственной деятельности. Вместе с тем пока еще не сложилась четкая система мониторинга применительно к животноводству с учетом возможных способов его ведения (пастбищное, стойловое), а также кормопроизводству. Представляется, что здесь в первую очередь необходимо грамотное обобщение и осмысление накопленных фактических данных, что послужит реальным шагом к последующей выработке соответствующих методических рекомендаций. В принципе же система агроэкологического мониторинга должна распространяться на весь агропромышленный комплекс, на все его подсистемы, связанные с производством, переработкой и хранением продукции, материально-техническим обслуживанием и т.д. Только в этом случае концепция экологизации сельского хозяйства получит реальную и надежную основу для полноценного практического воплощения.

Необходимость расчета продуктивности севооборота обуславливает перевод данных по учету урожая основной и побочной продукции в зерновые и кормовые единицы в автоматическом режиме. Поскольку все последующие наблюдения за изменением содержания элементов в растениях даются в пересчете на абсолютно сухое вещество, урожайные данные в обязательном порядке дополняются сведениями о содержании сухого вещества.

А•Я

СЛОВАРЬ

Биогеохимический круговорот – часть биологического круговорота, составленная обменными циклами химических веществ; круговорот химических элементов при активном участии живых организмов. Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению.

Биоиндикатор – организм, вид или сообщество, по наличию и состоянию которого можно судить о свойствах среды, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей.

Сапропель – иловые отложения растительных и животных остатков, формирующиеся обычно в богатых питательными веществами водоемах.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какие параметры деградации гумуса используются в системе агроэкологического мониторинга для оценки состояния почв?
- 2 Какая существует классификация состояния природной среды, источников и факторов воздействия, охватываемых системой мониторинга?
- 3 Что входит в государственную систему управления природоохранной деятельностью? Какие подсистемы входят в состав экологического мониторинга?
- 4 Осветите роль ГИС в системе экологического мониторинга?
- 5 В чем состоит задача агроэкологического мониторинга? Какие принципы положены в основу его эффективности?
- 6 Что такое сплошной агроэкологический мониторинг и какие задачи решает он в современных условиях?
- 7 Какие вопросы решаются в системе почвенно-экологического мониторинга? Какие формы этого мониторинга существуют?
- 8 Какие показатели качества растениеводческой продукции используются в системе агроэкологического мониторинга?
- 9 Какие задачи решаются при использовании лизиметрического метода? Назовите типы лизиметров.
- 10 Какие категории грунтовых вод существуют и о чем свидетельствует их химический состав?
- 11 Какие показатели используют при эколого-токсикологической оценке территории агроэкосистем?
- 12 Какие параметры свойств почв характеризуют их состояние при проведении мониторинга?
- 13 В чем суть поведения различных видов токсикантов в объектах окружающей среды и их действия на организм человека?
- 14 В чем сущность биогеохимических подходов в проведении агроэкологического мониторинга?
- 15 В чем особенность проведения агроэкологического мониторинга на мелиорированных землях?
- 16 Дайте краткую характеристику организации информационных систем агроэкологического мониторинга? Какую роль играют ГИС?

R-A

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1.1. ЧТО ТАКОЕ МОНИТОРИНГ? ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ	4
1.1.1. Экологический мониторинг	9
1.2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ	15
1.2.1. Агроэкологический мониторинг в интенсивном земледелии	15
1.2.2. Основные принципы организации полигонного агроэкологического мониторинга	17
1.2.3. Компоненты агроэкологического мониторинга	20
1.2.4. Биогеохимические подходы к проведению агроэкологического мониторинга ..	43
1.2.5. Экологическая оценка загрязнения природной среды тяжелыми металлами ..	46
1.2.6. Особенности проведения агроэкологического мониторинга на мелиориро- ванных землях	47
1.2.7. Организация информационной базы данных агроэкологического мониторинга ..	49
СЛОВАРЬ	53
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	54

Учреждение
(информационная форма)

АГРОЭКОЛОГИЯ

Владимир Александрович Федюков
Олег Александрович Соколов

Агроэкологический мониторинг

Отдел агроэкологического мониторинга и охраны окружающей среды
Института почвоведения РАН

Лицензия № 040829 от 17 июля 1997 г.

Издательство «Агроэкология» – официальное издательство
ОК-008-83, том 2, 983000 – книги и брошюры

Редактор С.Р. Гурьев, Технический редактор С.М. Трояк

Художник В.М. Рубцова, Корректор М.О. Борисова

Компьютерная верстка Н.А. Семичкина

Подписано в печать 19.07.2000 г. Формат 60x90/8. Тираж 100 экз.
Печатный дом «Агроэкология» ул. д. 42, Ул. пер. п. 7.0.

Тираж 500 экз. Заказ 8854Р, под. № 110

Отпечатано в Отделе агроэкологического мониторинга

Института почвоведения РАН

142280 г. Пушкино Московской обл., проспект Науки, 3 ОИТН

СОДЕРЖАНИЕ

3	ВВЕДЕНИЕ
4	1.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
9	1.1.1. Экологический мониторинг
12	1.2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
12	1.2.1. Агроэкологический мониторинг в агроэкосистеме
17	1.2.2. Основы организации агроэкологического мониторинга
20	1.2.3. Компоненты агроэкологического мониторинга
24	1.2.4. Базовые подходы к организации агроэкологического мониторинга
24	1.2.5. Экологический мониторинг в агроэкосистеме
24	1.2.6. Особенности агроэкологического мониторинга
24	1.2.7. Организация агроэкологического мониторинга
25	СПИСОК ССЫЛКИ
25	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Учебное пособие
(интерактивная форма)

АГРОЭКОЛОГИЯ

Владимир Александрович Черников
Олег Алексеевич Соколов

Агроэкологический мониторинг

Отредактировано и подготовлено к печати в Отделе научно-технической информации ПНЦ РАН

Лицензия ЛР № 040829 от 11 июля 1997 г.

Налоговая льгота – общероссийский классификатор продукции ОК–005–93, том 2; 953000 – книги и брошюры

Редактор *С.Я.Гудкова*. Технический редактор *С.М.Ткачук*.

Художник *В.М.Рудакова*. Корректор *М.О.Борисова*.

Компьютерная верстка *И.А.Овчинников*.

Подписано в печать 19.07.2000 г. Формат 60х90/8. Гарнитура Ariel.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Уч.-изд. л. 4,2. Усл. печ. л. 7,0.
Тираж 500 экз. Заказ 8854Р. Изд. № 110.

Отпечатано в Отделе научно-технической информации
Пуцинского научного центра РАН.

142290 г.Пушино Московской обл., проспект Науки, 3. ОНТИ.