ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Мониторинг состояния и использования земель» раскрывает методологические основы и методические приемы организации мониторинга земель (включая почву), который являет собой систему постоянных наблюдений за состоянием земель и их изменением под влиянием природных и антропогенных факторов, а также за изменением состава, структуры, состояния земельных ресурсов, распределением земель по категориям, землепользователям и видам земель в целях сбора, передачи и обработки полученной информации для своевременного выявления, оценки и прогнозирования изменений, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, определения степени эффективности мероприятий, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв, защиту земель от негативных последствий.

Целью изучения учебной дисциплины «Мониторинг состояния и использования земель» является формирование у студентов системы знаний в области мониторинговой деятельности в Республике Беларусь, изучение структуры и состава мониторинга земель как функции управления земельными ресурсами, основных факторов воздействия на землю и почвы, а также системы мер по обеспечению экологической безопасности использования земель на основе процедур наблюдения, оценки состояния и прогнозирования на перспективу.

Основной задачей изучения учебной дисциплины «Мониторинг состояния и использования земель» является формирование у студентов знаний и умений на основе полученной информации:

1) принимать решения для предотвращения развития деградационных процессов почвогенеза, потенциальная опасность возникновения которых существует практически на всей территории расположения сельскохозяйственных угодий;

2) отрабатывать решения, направленные на стабилизацию состояния почв и качественное улучшение земель, экологизацию сельскохозяйственного производства и достижения конечного результата в виде расширенного воспроизводства плодородия почв;

3) разрабатывать и внедрять научно обоснованные рекомендации по принятию решений о предотвращении и ликвидации последствий негативных процессов и мер по обеспечению воспроизводства плодородия почв.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен развить и закрепить следующую базовую профессиональную компетенцию: проводить мониторинг количественного и качественного состояния земель. Для этого он должен:

знать:

– концепцию и методологию мониторинга земель;

– цели, задачи, принципы, объекты и виды мониторинга земель (эталонный, текущий, кризисный, прогностический, научный);

– законодательное и нормативно-правовое обеспечение осуществления мониторинга земель;

– основные показатели, используемые для диагностики состояния почв и служащие базой для проведения их мониторинга;

– содержание мониторинга земельного фонда (землепользования) и почвенного покрова;

– систему основных показателей мониторинга земель, способы получения объективной информации о состоянии земель и почвенного покрова;

– содержание проводимых исследований, изысканий, съемок и наблюдений для целей мониторинга;

– методику мониторинга земель, находящихся в кризисном состоянии;

– структуры, обеспечивающие информационную базу мониторинга земель;

– программно-технические продукты мониторинга земель;

уметь:

– использовать законодательную и нормативную базу в области мониторинга земель;

– разрабатывать и внедрять на практике системы мониторинга земель различных уровней и видов;

– получить необходимые данные об изменении количественного и качественного состоянии земель на изучаемой территории (в границах отдельного земельного участка, землепользования или административно-территориальной единицы);

– практически проводить мониторинг качественного состояния земель (развитие почвенной эрозии, состояние структуры почвы, подкисление, засоление, солонцеватость, заболачивание почв, динамика содержания гумуса и элементов питания);

– проводить мониторинг загрязнения земель тяжелыми металлами, радионуклидами, остаточными количествами пестицидов и другими токсичными веществами;

– осуществлять комплексный анализ агроэкологической ситуации на землях сельскохозяйственного назначения, оценку и прогноз возможных изменений состояния плодородия почв с учетом природных и антропогенных факторов;

– проводить необходимые натурные съемки, исследования, изыскания и другие наблюдения для целей мониторинга;

– производить интегральную оценку экологического состояния земель на территории любого масштаба;

– создавать и вести информационные банки данных о состоянии почв;

владеть:

– навыками организации мониторинговой деятельности на различных иерархических уровнях;

– умением разрабатывать и внедрять в практику программы мониторинга земель и агропочвенного мониторинга;

– способностью разрабатывать и внедрять научно обоснованные рекомендации по принятию решений о предотвращении и ликвидации последствий негативных процессов и мероприятий по обеспечению воспроизводства качества земель и плодородия почв.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Мониторинг состояния и использования земель» студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

ЛЕКЦИЯ 1
МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ: ЕГО ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, ОБЪЕКТЫ И СУБЪЕКТЫ, НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Мониторинг земель: его цели, задачи, объекты и субъекты, нормативно-правовое обеспечение. Учебная дисциплина «Мониторинг состояния и использования земель» раскрывает методологические основы и методические приемы организации мониторинга земель (включая почву), который являет собой систему постоянных наблюдений за состоянием земель и их изменением под влиянием природных и антропогенных факторов, а также за изменением состава, структуры, состояния земельных ресурсов, распределением земель по категориям, землепользователям и видам земель в целях сбора, передачи и обработки полученной информации для своевременного выявления, оценки и прогнозирования изменений, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, определения степени эффективности мероприятий, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв, защиту земель от негативных последствий.

Целью изучения учебной дисциплины «Мониторинг состояния и использования земель» является формирование у студентов системы знаний в области мониторинговой деятельности в Республике Беларусь, изучение структуры и состава мониторинга земель как функции управления земельными ресурсами, основных факторов воздействия на землю и почвы, а также системы мер по обеспечению экологической безопасности использования земель на основе процедур наблюдения, оценки состояния и прогнозирования на перспективу.

Основной задачей изучения учебной дисциплины «Мониторинг состояния и использования земель» является формирование у студентов знаний и умений на основе полученной информации:

1) принимать решения для предотвращения развития деградационных процессов почвогенеза, потенциальная опасность возникновения которых существует практически на всей территории расположения сельскохозяйственных угодий;

2) отрабатывать решения, направленные на стабилизацию состояния почв и качественное улучшение земель, экологизацию сельскохозяйственного производства и достижения конечного результата в виде расширенного воспроизводства плодородия почв;

3) разрабатывать и внедрять научно обоснованные рекомендации по принятию решений о предотвращении и ликвидации последствий

негативных процессов и мер по обеспечению воспроизводства плодородия почв.

Сущность, цели, задачи и общее содержание мониторинга земель. Для улучшения экологического состояния и предотвращения отмеченных выше негативных процессов в использовании земельных ресурсов, достижения экологического равновесия, разработки приемов эффективного использования земель необходим принципиально новый подход к хозяйственной деятельности, к организации рационального земле- и природопользования.

Земля – важнейшая часть окружающей природной среды, которая характеризуется определенным рельефом, климатом, почвенным покровом, растительностью, недрами, водами и является главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, а также пространственным базисом для жизни и деятельности человека, размещения предприятий и организаций всех отраслей народного хозяйства.

Прогрессивно возрастающие антропогенные нагрузки на землю определяют охрану земель и организацию их рационального использования как одну из стратегических целей государственной политики, что нашло отражение в законодательных документах последних лет.

Принятию решений, связанных с реализацией действий на земле, должен в обязательном порядке предшествовать анализ разносторонних и регулярно обновляемых данных о ее состоянии. Все это определяет необходимость организации систематических комплексных наблюдений за состоянием окружающей среды, ее главного объекта – земли.

До настоящего времени многочисленные обследования, наблюдения и съемки, проводимые разными министерствами и ведомствами в целях изучения земельного фонда, выполняются разобщенно на основе отраслевых нормативно-технических документов Вопросы же комплексного изучения земель требуют единого государственного подхода, который должен осуществляться на основе всесторонних систематических наблюдений – мониторинга земель.

Мониторинг земель в Беларуси призван выполнять базовую, связующую роль для всех других видов мониторинга и кадастров природных ресурсов, и имеет государственный статус. Такой подход обеспечивает получение комплексной информации о земле, минимизацию затрат на функционирование системы наблюдений. Необходимость проведения мониторинга земель определяется Кодексом Республики Беларусь о земле. Содержание и порядок осуществления мониторинга земель устанавливается Советом Министров Республики Беларусь.

Система мониторинга должна не только на научной основе содействовать надежной охране земель, но и позволит в короткие сроки дать значительный экологический и экономический эффект, обеспечить подготовку достоверных текущих и долгосрочных прогнозов на проведение мелиоративных и других мер по улучшению угодий. Совокупность полученных при мониторинге данных даст возможность решить актуальные задачи определения оптимальных и критических уровней важнейших физических и химических показателей почв применительно к отдельным ее типам, регионам, сельскохозяйственным культурам, технологиям их возделывания, системам земледелия.

Своевременное выявление критических уровней контролируемых показателей земель позволит принять экстренные меры по регулированию неблагоприятных процессов. Если же те или иные показатели не достигли критического уровня, но установлена тенденция к неблагоприятной их динамике, создается возможность заблаговременно поставить вопрос перед сельскохозяйственными, промышленными предприятиями или соответствующими министерствами и ведомствами о внесении необходимых изменений в технологические процессы.

Мониторинг земель представляет собой систему наблюдений за состоянием земельного фонда для своевременного выявления изменений, их оценок, прогноза, предупреждения и устранения последствий негативных процессов.

Объектом мониторинга земель является весь земельный фонд Беларуси независимо от форм собственности на землю.

Основными задачами мониторинга земель являются:

– своевременное выявление изменений состояния земельного фонда, их оценка, прогноз и выработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий негативных процессов;

– информационное обеспечение государственного земельного кадастра, мониторинга и кадастров других природных сред, рационального природопользования и землеустройства;

– контроль за использованием и охраной земель.

Мониторинг земель ведется на всех категориях земель независимо от их правового режима и характера использования. Он является составной частью единой Государственной информационной системы о состоянии окружающей среды и природных ресурсов, а также глобального мониторинга природной среды и климата.

Данные мониторинга земель характеризуют состояние:

– земельного фонда республики в целом, а также областей, районов,

населенных пунктов, землевладений, землепользований;

– ландшафтно-экологических комплексов, почвенно-географических урочищ, фаций, террас, балок, бассейнов рек и озер, орографических образований, биоклиматических зон и др.;

– ареалов воздействия негативных процессов и явлений.

Содержание мониторинга земель составляют комплексные наблюдения, изыскания, обследования, съемки, характеризующие изменения:

– природных ландшафтов, границ и площадей административно-территориальных образований, землепользований и землевладений (угодий, полей, участков);

– состояния почв по обширному набору параметров (водная эрозия, опустынивание, деградация почв на пастбищах, подтопление, заболачивание, переувлажнение, засоление, состояние почвенных агрегатов, образование дефляционноопасной бесструктурной пылеватой поверхности, запасы гумуса, кислотность, содержание макро- и микроэлементов, остатков пестицидов, тяжелых металлов, рассеянных химических элементов, радиоактивных элементов и других токсикантов);

– динамики процессов подтопления, заболачивания, затопления, осушения земель, примыкающих к акваториям;

– состояния территории, вызванные криогенными процессами, нарушенными землями, в том числе действующими и отработанными карьерами, отвалами, терриконами, разрабатываемыми и выработанными торфяниками, проседанием земной поверхности под воздействием водоотборов и отработки недр;

– состояния растительности (посевов, сенокосов, пастбищ, лесов, многолетних насаждений и т. д.);

– состояния земель, подверженных негативному техногенному воздействию производственных объектов (очистных сооружений промышленных и сельскохозяйственных предприятий, мелиоративных систем, транспорта, навозохранилищ, площадок для компостирования удобрений, свалок, складов ГСМ, складов сыпучих удобрений, жидких удобрений, стоянок автотранспорта, скотомогильников, мест захоронения радиоактивных, физиологически активных химических отходов производства).

Результаты мониторинга земель выражаются точными количественными и качественными показателями и заносятся в банк данных.

Показатели могут выражаться в абсолютных или относительных единицах, приведенных к определенному сроку или к периоду.

Для общей характеристики объекта используются интегральные

показатели, например, степень и интенсивность деградации почвенного покрова, опустынивания и другие.

По результатам мониторинга земель составляются оперативные доклады, отчеты, научные прогнозы, тематические карты и другие материалы, которые представляются в государственные органы.

Регулирование проведения мониторинга земель Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь осуществляется на основании следующих нормативно-правовых актов:

Статья 99, Кодекс Республики Беларусь от 23.07.2008 № 425-З (ред. от 08.01.2024) «Кодекс Республики Беларусь о земле».

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28.07.2006 № 958 (ред. от 13.01.2023) «Вопросы Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь» (вместе с «Положением о Государственном комитете по имуществу Республики Беларусь»).

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 18.02.2021 № 99 (ред. от 03.01.2023) «О Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021 - 2025 годы».

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28.04.2015 № 361 «О некоторых вопросах предотвращения деградации земель (включая почвы)».

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 14.07.2003 № 949 (ред. от 22.06.2020) «О Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь».

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28.03.2007 № 386 (ред. от 10.06.2008) «Об утверждении Положения о порядке проведения в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь мониторинга земель и использования его данных».

Постановление Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь от 22.12.2009 № 68 «Об утверждении Инструкции об организации работ по проведению мониторинга земель».

Постановление Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь от 03.11.2014 № 25 (ред. от 08.03.2020) «Об утверждении Положения об информационно-аналитическом центре мониторинга земель Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь».

Постановление Министерства природных ресурсов и охраны

окружающей среды Республики Беларусь от 28.07.2005 № 34 (ред. от 21.12.2016) «Об утверждении Положения о главном информационно-аналитическом центре Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь».

Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 17.12.2008 № 119 (ред. от 24.05.2012) «Об утверждении Инструкции о порядке ведения государственного реестра пунктов наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь».

Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28.12.2004 № 43 (ред. от 30.05.2008) «Об утверждении Инструкции об обмене экологической информацией в Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь».

Мониторинг земель в Национальной системе мониторинга окружающей среды. Контроль над состоянием окружающей природной среды впервые стал проводиться в 30-е годы XX века. В 1947 году создается система Гидрометслужбы СССР. С 1963 по 1972 годы шло организованное становление первого этапа контроля над загрязнением окружающей среды. В практику работы подразделений службы слежения за погодой начали внедряться методы контроля загрязняющих веществ антропогенного происхождения в атмосферном воздухе и в водных объектах. В 1972 году принимается постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшению использования природных ресурсов». Для реализации данного постановления Гидрометслужба СССР преобразуется в Государственный Комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. В рамках этой структуры начинает формироваться общегосударственная система наблюдений за состоянием окружающей среды – ОГСНК.

В 1977 году в БССР создается система контроля и наблюдений за окружающей средой на базе сети Главгидромета.

В 1992 году принимается Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», требования которого обусловили формирование Национальной системы мониторинга окружающей среды. В 1993 году на основании данного Закона принято Постановление Совета Министров (№ 247 от 20 апреля) «О создании национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС)». В 1994–1995 гг. созданы рабочие группы. В 1995–1997 гг. подготовлен технический проект НСМОС.

Основной целью создания Национальной системы мониторинга окружающей среды является сведение воедино разрозненной экологической информации и обеспечение всех уровней управления объективными и достоверными данными для принятия оперативных управленческих решений и определения стратегии природопользования.

Общими принципами организации НСМОС являются:

− создание постоянно действующей фиксированной на местности сети опорных пунктов наблюдений (постов, полигонов, стационаров и проч.) для ведения стандартного (согласованного) комплекса наблюдений;

− выполнение наблюдений по основным (приоритетным) и дополнительным (связанным со спецификой выбросов и сбросов) спискам контролируемых показателей;

− обеспечение методического и метрологического единства информации путем применения унифицированных методик, технических средств и т. д., что является гарантией сопоставимости и кондиционности получаемой информации;

− доступ государственных органов, юридических лиц и граждан к информации о состоянии окружающей среды и воздействии на нее природных и антропогенных факторов;

− оперативность предоставления и обмен информацией о состоянии окружающей среды и воздействии на нее природных и антропогенных факторов.

Реализация этих общих принципов проведения мониторинга в составе НСМОС осуществляется посредством:

− разработки, координации и выполнении программ наблюдений за состоянием окружающей среды и воздействием на нее природных и антропогенных факторов;

− регламентации и контроля сбора и обработки данных мониторинга окружающей среды;

− обеспечения единства изменений при получении данных мониторинга окружающей среды;

− анализа информации и ведения специализированных банков данных мониторинга окружающей среды и обеспечения обмена информацией в НСМОС;

− оценки и разработки прогнозов состояния окружающей среды и воздействия на нее природных и антропогенных факторов;

− подготовки и предоставления информации по результатам проведения мониторинга окружающей среды государственным органам,

юридическим лицам и гражданам;

− гармонизации с международными информационными системами в области мониторинга окружающей среды.

Организацию и координацию функционирования НСМОС осуществляет Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды путем:

− формирования и ведения государственного реестра пунктов наблюдений НСМОС;

− установления режима, порядка и форматов информационного обмена;

− создания и ведения банков обобщенной экологической информации;

− подготовки совместно с другими республиканскими органами государственного управления и Национальной академией наук Беларуси ежегодного обзора состояния окружающей среды по результатам проведения мониторинга;

− разработки совместно с другими республиканскими органами государственного управления и Национальной академией наук Беларуси проектов концепций и государственных программ в области мониторинга окружающей среды;

− обеспечения работы Межведомственного координационного совета Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь;

− координации научных исследований в области мониторинга окружающей среды;

− регулирования в пределах своей компетенции проведения мониторинга окружающей среды.

Организацию проведения отдельных видов мониторинга окружающей среды в составе НСМОС осуществляют:

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды в части мониторинга атмосферного воздуха, мониторинга поверхностных вод, мониторинга подземных вод, радиационного мониторинга, локального мониторинга окружающей среды;

Национальная академия наук Беларуси в части мониторинга животного и растительного мира и геофизического мониторинга;

Министерство лесного хозяйства в части мониторинга лесов;

Государственный комитет по имуществу в части мониторинга земель.

Мониторинг земель в Республике Беларусь представляет собой

систему постоянных наблюдений за состоянием земель и их изменением под влиянием природных и антропогенных факторов, а также за изменением состава, структуры, состояния земельных ресурсов, распределением земель по категориям, землепользователям и видам земель. Данная система наблюдений создана для своевременного выявления, оценки и прогнозирования изменений, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, определения степени эффективности мероприятий, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв, защиту земель от негативных последствий.

Мониторинг земель осуществляется по следующим направлениям:

− наблюдения за составом, структурой и состоянием земельных ресурсов;

− наблюдения за химическим загрязнением земель;

− наблюдения за состоянием почвенного покрова земель.

Мониторинг атмосферного воздуха включает систему наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, атмосферных осадках и снежном покрове, оценку состояния и динамики изменения атмосферного воздуха. Проведение данного вида мониторинга осуществляют организации, подчиненные Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

В настоящее время наблюдениями за качеством атмосферного воздуха охвачено 87 % населения крупных и средних городов республики.

Мониторинг поверхностных вод – это система регулярных наблюдений за состоянием поверхностных вод по гидрологическим, гидрохимическим, гидробиологическим и иным показателям в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану поверхностных вод. Наблюдения осуществляют структурные подразделения организаций, подчиненных Минприроды Республики Беларусь.

Мониторинг поверхностных вод на территории Республики Беларусь проводится в 297 пунктах наблюдений. Регулярные наблюдения осуществляют на 160 водных объектах, из них 86 водотоков (176 пунктов наблюдений) и 74 водоема (121 пункт наблюдений).

Мониторинг подземных вод представляет собой систему регулярных наблюдений за состоянием подземных вод по гидрогеологическим, гидрохимическим и другим показателям, оценки и прогноза его изменения в целях своевременного выявления негативных процессов,

предотвращения их вредных последствий и определения эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану подземных вод. Объектами наблюдения при проведении мониторинга подземных вод в Беларуси являются грунтовые и артезианские подземные воды. Наблюдения проводятся подразделениями Государственного предприятия «НПЦ по геологии».

Наблюдательная сеть разделена на три ранга: национальный, фоновый и трансграничный. Каждый пункт наблюдения характеризует режим подземных вод определенного типа территории, что позволяет обоснованно экстраполировать результаты наблюдений по площади.

Мониторинг лесов представляет собой систему регулярных наблюдений за состоянием лесов, оценки и прогноза изменения состояния. Объектом наблюдений при проведении мониторинга лесов является лесной фонд.

Мониторинг лесов осуществляется по следующим направлениям:

− состояние лесов под воздействием антропогенных и природных факторов (мониторинг состояния лесов);

− состояние лесов под воздействием вредных насекомых и болезней (лесопатологический мониторинг).

В целях рационального использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, лесной фонд республики передан юридическим лицам органов государственного управления и другим государственным организациям. Основным лесофондодержателем в республике является Министерство лесного хозяйства.

Мониторинг растительного мира в составе НСМОС представляет собой систему наблюдений за состоянием объектов растительного мира и среды их произрастания, а также оценки и прогноза их изменений в целях сохранения биологического разнообразия, обеспечения устойчивого состояния и рационального использования ресурсов растительного мира. Наблюдения осуществляются подразделениями Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси и лабораторией озероведения Белгосуниверситета.

Мониторинг растительного мира осуществляется по 5 направлениям:

− мониторинг луговой и лугово-болотной растительности;

− мониторинг водной растительности;

− мониторинг охраняемых, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь видов растений и грибов;

− мониторинг ресурсообразующих видов растений (ягодники и

грибы);

− мониторинг защитных древесных насаждений;

− мониторинг инвазивных растений.

Мониторинг животного мира представляет собой систему наблюдений за состоянием объектов животного мира и среды их обитания, оценки и прогноза их изменений под воздействием природных и антропогенных факторов.

Мониторинг животного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь осуществляется по следующим направлениям:

− наблюдение за дикими животными, относящимися к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и средой их обитания;

− наблюдение за дикими животными, относящимися к видам, подпадающим под действие международных договоров Республики Беларусь, и средой их обитания;

− наблюдение за инвазивными чужеродными дикими животными и средой их обитания;

− наблюдение за дикими животными, относящимися к объектам охоты, и средой их обитания;

− наблюдение за дикими животными, относящимися к объектам рыболовства, и средой их обитания.

Мониторинг озонового слоя представляет собой систему наблюдений за состоянием озонового слоя, а также оценку и прогнозирование его изменений в целях своевременного выявления негативных воздействий природных и антропогенных факторов.

Наблюдения за состоянием озонового слоя проводятся на пунктах мониторинга озонового слоя организаций, подчиненных Министерству образования.

Данные мониторинга общего содержания озона служат экспериментальной базой для оценки состояния озонового слоя и его трансформации в результате антропогенного воздействия и естественных процессов. Они используются для изучения степени влияния этих изменений на климат в глобальном и региональном масштабах, а также для прогноза изменения уровней и доз биологически активного солнечного ультрафиолетового излучения у поверхности Земли.

Объектами наблюдений при проведении *радиационного мониторинга* являются атмосферный воздух, почва, поверхностные воды.

Радиационный мониторинг атмосферного воздуха. В настоящее время функционирует 41 пункт наблюдений радиационного

мониторинга по измерению мощности дозы гамма-излучения, 24 пункта наблюдений за радиоактивными выпадениями из атмосферы, 7 пункта наблюдений за радиоактивными аэрозолями приземного слоя атмосферы.

Радиационный мониторинг поверхностных вод проводится на 6 крупных и средних реках Беларуси, водосборы которых подверглись радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС: Днепр (г. Речица), Припять (г. Мозырь), Сож (г. Гомель), Ипуть (г. Добруш), Беседь (д. Светиловичи), Нижняя Брагинка (д. Гдень). Оценка трансграничного переноса радионуклидов водным путем проводилась на трансграничных с РФ участках рек Ипуть (г. Добруш), Беседь (д. Светиловичи). Трансграничный мониторинг поверхностных водных объектов проводился в следующих пунктах наблюдений: оз. Дрисвяты (д. Дрисвяты) – зона воздействия Игналинской АЭС (Литва); р. Горынь (д. Речица), р. Стыр (д. Ладорож) – зона воздействия Ровенской АЭС, р. Припять (д. Довляды), р. Днепр (г. Лоев), р.Словечна (д. Скородное) – зона воздействия Чернобыльской АЭС (Украина); р. Сож (д. Коськово) – зона воздействия Смоленской АЭС (Россия).

Радиационный мониторинг почв проводится на сети пунктов наблюдений, включающей реперные площади (далее РП) и ландшафтно-геохимические полигоны (далее ЛГХП). Многолетние наблюдения за процессами вертикальной миграции радионуклидов чернобыльского происхождения проводятся на сети ЛГХП, расположенных в типичных ландшафтно-геохимических условиях в зонах с различными уровнями загрязнения цезием-137 и стронцием-90. Это позволяет оценить динамику миграционных процессов в различных типах почв.

Наблюдения на реперных площадках позволяют провести оценку долговременных изменений радиационной обстановки на территории Республики Беларусь.

Геофизический мониторинг представляет собой систему наблюдений за сейсмичностью, геофизическими и геодинамическими процессами. Объектами наблюдений геофизического мониторинга являются сейсмические события природного и техногенного происхождения, геомагнитные и гравитационные поля.

Ежегодно для оценки динамики сейсмических, геофизических и геодинамических процессов, а также выявления повышенной тектонической активности в местах расположения экологически опасных хозяйственных объектов проводят геофизический мониторинг по следующим направлениям:

– сейсмический мониторинг, представляющий собой систему непрерывных круглосуточных наблюдений за происходящими сейсмическими событиями естественного и искусственного происхождения в широком диапазоне энергий и расстояний;

– геомагнитный мониторинг, включающий периодические наблюдения за геодинамическими процессами на полигонах и непрерывные стационарные наблюдения за текущим состоянием геомагнитного поля.

Локальный мониторинг окружающей среды – система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды в районе осуществления хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасной деятельности, и воздействием этой деятельности на окружающую среду.

Локальный мониторинг проводится юридическими лицами за счет собственных средств.

Объектами наблюдений при проведении локального мониторинга окружающей среды являются:

– выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников;

– сточные воды, сбрасываемые в поверхностные водные объекты;

– поверхностные воды водных объектов, являющихся приемниками сточных вод, в створах, расположенных выше и ниже по течению мест сброса сточных вод;

– подземные воды в местах расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения;

– земли в районе расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения.

Комплексный мониторинг экосистем на особо охраняемых природных территориях – система регулярных наблюдений за состоянием естественных экологических систем на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), производимых с целью оценки их состояния, качества среды и прогноза изменений в будущем.

Для сохранения природных комплексов ООПТ необходим постоянный контроль и слежение за их состоянием и развитием. Создание на ООПТ локальных сетей комплексного мониторинга позволяет проводить оценку состояния экосистем на протяжении длительного времени, опираясь на конкретную информацию, получаемую на различных объектах наблюдения. Организация такой системы мониторинга позволит выявлять негативные факторы воздействия на природно-

территориальные комплексы ООПТ, изучать их в динамике и разрабатывать соответствующие мероприятия по сохранению биоразнообразия территории, а также своевременно предпринимать соответствующие меры по предотвращению возникновения или возрастания степени проявления разного рода угроз.

Для получения комплексной информации, характеризующей состояние окружающей среды и ее воздействие на здоровье населения, НСМОС взаимодействует с системами социально-гигиенического мониторинга и мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Обмен экологической информацией между указанными системами осуществляется на безвозмездной основе в порядке, определяемом Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Министерством здравоохранения и Министерством по чрезвычайным ситуациям.

Социально-гигиенический мониторинг производится путем сбора, учета, анализа и оценки информации о состоянии здоровья населения и среды обитания человека; исследования и мониторинга показателей качества атмосферного воздуха, воды, почвы, шумовой нагрузки, условий труда работающих, за качеством продовольственного сырья, пищевых продуктов и др. во всех регионах республики и г. Минск.

Система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (ЧС) представляет собой совокупность систем наблюдения, анализа и оценки состояния и изменения выявленных и потенциальных источников чрезвычайных ситуаций и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, влияющих на безопасность населения, организаций и окружающей среды, в целях разработки и реализации мер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, минимизации их социально-экономических и экологических последствий.

Республиканские органы государственного управления и Национальная академия наук Беларуси, осуществляющие организацию проведения видов мониторинга окружающей среды в составе НСМОС, обеспечивают сбор, хранение, обработку, анализ данных мониторинга окружающей среды, предоставление экологической информации, получаемой в результате их проведения. В этих целях ими определяются информационно-аналитические центры видов мониторинга окружающей среды, которые они осуществляют.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды обеспечивает сбор, хранение, обработку и предоставление обобщенной экологической информации, получаемой в рамках НСМОС, а также

экологической информации, поступающей в рамках обмена экологической информацией с системой мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и системой социально-гигиенического мониторинга. В этих целях Министерством определяется главный информационно-аналитический центр НСМОС.

Экологическая информация информационно-аналитических центров и главного информационно-аналитического центра (ГИАС НСМОС) объединяется в информационную систему НСМОС.

Главный информационно-аналитический центр и информационно-аналитические центры осуществляют информационный обмен на условиях обязательности и безвозмездности.

Глобальные и региональные аспекты мониторинга земель. Деятельность человека может вызвать изменения в природных комплексах на локальном и региональном уровнях, затронуть всю территорию страны и выйти за пределы отдельного государства. Она может вызвать нарушения в природно-климатической зоне, где территориально размещено не одно государство, а много; или же способствовать изменениям в естественных природных процессах во всей живой оболочке. В связи с этим для контроля над изменениями, затронувшими большие территории и биосферу в целом, созданы международные структуры, осуществляющие исследования за природными процессами на глобальном уровне.

Комплексные исследования проводятся по международной программе «Человек и биосфера» (МАБ), которая была принята в 1970 г. на XVI сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО. Работы по программе ведутся в более 100 странах мира, в том числе и в Республике Беларусь.

Цель программы – осуществление в разных районах мира комплексных многолетних исследований воздействия человека на естественные процессы в биосфере, на ее основные компоненты и изучение обратного влияния изменений этих процессов на самого человека.

Задачи программы:

− определение и оценка изменений в биосфере в результате деятельности человека и влияние этих изменений на человека;

− изучение структуры, функционирования и динамики естественных, измененных и контролируемых человеком экосистем;

− изучение динамической взаимосвязи между естественными экосистемами и социально-экономическими процессами (в частности, изменения в народонаселении, поселениях и технике и их влияние на будущую жизнеспособность этих систем);

− разработка путей и средств измерения количественных и качественных изменений окружающей среды в целях определения научных критериев, которые могли бы служить основой для рационального использования естественных богатств, охраны природы и для выработки показателей качества окружающей среды;

− разработка мероприятий с целью лучшей координации исследований по изучению окружающей среды;

− содействие более широкому развитию моделирования и других методов прогнозирования в качестве инструмента изучения окружающей среды и обоснование ее рационального использования;

− содействие природоохранительному образованию.

Исследования ведутся по 14 проектам:

Проект I. Изучается экологическое воздействие деятельности человека на тропические и субтропические экосистемы. Основной целью этого проекта является разработка научных основ рационального использования природных ресурсов и управления экосистемами в тропических и субтропических зонах мира с целью достижения их максимальной постоянной продуктивности. Исследования охватывают естественные леса, включая сравнительный анализ и методы их эксплуатации, рациональное использование плантаций (масличной пальмы, каучуконосов, кофейного дерева) и рисовых полей, а также существующие в этих зонах формы земледелия. Главное внимание при этом уделяется вопросам естественного восстановления плодородия почв и круговорота питательных веществ.

С помощью социологов, экономистов и психологов были выработаны рекомендации по определению первоочередности исследований, при этом учитывались основные типы вызванных человеком нарушений тропических и субтропических экосистем, а также дифференцированные адаптивные реакции различных групп населения, живущих в этих экосистемах и использующих их ресурсы.

Проект 2. Изучается экологическое воздействие различных видов землепользования и практики хозяйствования на леса умеренной зоны и Средиземноморья. Основной целью проекта является определение и оценка изменений, возникающих в результате деятельности человека в бореальных, умеренных и средиземноморских лесах и обратное влияние этих изменений на человека; изучение функционирования и динамики лесных экосистем; изучение динамической взаимосвязи между естественными и искусственными лесными экосистемами и социально-экономическими процессами, а также методика определения

количественных и качественных изменений в лесных экосистемах. Основные направления исследований:

− экологические и социально-экономические исследования последствий использования предложенных для облесения видов деревьев;

− туризм и другие виды отдыха в лесных ландшафтах;

− экологическое влияние лесных пожаров, включая использование их в качестве средства управления лесным хозяйством;

− влияние загрязняющих веществ на лесные экосистемы и влияние леса на количество воздуха;

− экологическое влияние свободного выпаса скота на лесные экосистемы.

Проект 3. Изучается влияние деятельности человека и практики землепользования на пастбищные земли – саванны и луга (от умеренных до засушливых зон). Основной целью проекта является разработка научных основ рационального использования пастбищ в различных климатических и социально-экономических условиях. Сюда входят: изучение процессов опустынивания и засушливых пастбищных зон; вопросы восстановления плодородия почв; борьба человека с различными заболеваниями растений. Выделено три основных направления регионального масштаба:

− изучение уровней интенсификации и использования пастбищ для достижения нормального уровня продуктивности, необходимого для поддержания стабильности экосистемы (включая социальную стабильность);

− изучение миграции сельского населения;

− исследование биологических, экономических и социальных последствий изменений в пользовании пастбищными землями.

Проект 4. Изучается влияние деятельности человека на динамику экосистем засушливых и полузасушливых зон с особым учетом последствий ирригации. Целью данного проекта является изучение взаимодействия человека и орошаемых экосистем в засушливых и полузасушливых зонах.

Орошение оказывает не только непосредственное влияние на водный режим, но и приводит к целому ряду изменений в почве и атмосфере. Существуют два вида проблем, с которыми приходится сталкиваться человеку в орошаемых районах. С одной стороны, это проблемы, непосредственно вытекающие из практики орошения (например, активизация очагов некоторых паразитарных заболеваний), а с другой – многочисленные проблемы социально-экономического характера,

связанные с изменениями сельскохозяйственного использования земли и миграцией населения.

Функционируют три основных направления исследований:

− анализ нежелательных последствий создания крупных ирригационных систем, особенно в длительно орошаемых районах;

− контроль над изменениями среды на местах новых ирригационных систем в целях прогнозирования возможных изменений;

− изучение проблем, специфических для небольших по размеру орошаемых районов.

Проект 5. Изучается экологическое воздействие деятельности человека на ресурсы озер, болот, рек, дельт, эстуариев и прибрежных районов. Исследования, проводимые в рамках проекта, направлены на изучение влияния деятельности человека (сельское и лесное хозяйство, крупные инженерно-технические сооружения, промышленная и бытовая деятельность, туризм и отдых) на неокеанические водные экосистемы и связанные с ними прибрежные зоны. Дополнительно собирается информация об изменениях в популяциях водных растений и животных в связи с возрастающим антропогенным воздействием на окружающую среду.

Проект 6. Изучается влияние деятельности человека на горные и тундровые экосистемы. Осуществление работ по проекту проводится в тесном контакте с ЮНЕП, ФАО, ВОЗ, Комиссией высокогорной экологии Международного географического союза и другими организациями по четырем основным направлениям:

− изучение проблем использования природных ресурсов и расширения сети людских поселений в высокогорных тропических районах;

− разработка проблем, связанных с туризмом, развитием промышленности и различных способов землепользования в высокогорных районах умеренного климата с четким разграничением летнего и зимнего времен года;

− разработка проблем землепользования в экосистемах тундры с особым упором на пастбища;

− развитие промышленности, туризм и отдых;

− выделение зон, подверженных стихийным бедствиям;

− определение средств контроля над окружающей средой и воздействием человека на верхнюю границу распространения лесов;

− пожары и их использование;

− оползни и устойчивость склонов;

− эволюция видов в горных системах и др.

Проект 7. Изучается экология и рациональное использование островных экосистем океанического и материкового происхождения.

Исследования островных экосистем проводятся по трем основным направлениям:

− использование ресурсов окружающей среды;

− влияние внешних факторов, особенно туризма;

− влияние ввезенных растений и животных.

Главное внимание уделяется изучению изменений в экосистемах, что дает хорошую основу для правильного управления ими.

Проект 8. Направлен на сохранение природных районов и содержащегося в них генетического материала. Проект обеспечивает базу как для проведения самых различных исследований воздействия человека на экосистемы, так и для отработки рациональных методов охраны генетического разнообразия нашей планеты. Основной целью его является создание международной сети биосферных заповедников (БЗ). Они являются средством сохранения генофонда полезных видов растений и животных и содержат репрезентативные образцы естественной флоры и фауны с целью сохранения их для будущих поколений в наиболее полном виде. А также служат для получения контрольных данных, на основе которых могут оцениваться изменения в других изучаемых экосистемах, находящихся под сильным воздействием хозяйственной деятельности человека.

Проект 8. Дается экологическая оценка борьбы с сельскохозяйственными вредителями и использования удобрений в наземных и водных экосистемах. Проект посвящен экологической оценке применения пестицидов и удобрений с целью выявления последствий их все более возрастающего использования. В ходе выполнения части проекта 9, посвященной удобрениям, сформированы четыре основных направления исследований:

− последствия применения удобрений для структуры и состава сообществ растений и животных в малоизмененных экосистемах;

− перенос питательных элементов из наземных экосистем в водные;

− научные основы оценки влияния удобрений на экосистемы, измененные под воздействием сельского хозяйства, и на экосистемы, их окружающие;

− социально-экономические аспекты использования удобрений.

В части проекта, посвященной пестицидам, выделены следующие направления исследований:

− непредусмотренное воздействие пестицидов на организмы и

биологическую продуктивность;

− определение основных особенностей использования пестицидов в различных наземных и водных экосистемах.

Проект 10. Изучается влияние основных видов инженерно-технических работ на человека и окружающую среду. Проект предусматривает два основных направления исследований:

− оценка изменений, происшедших в связи со строительством крупных инженерных сооружений, существующих достаточно долго;

− оценка и прогноз экологических последствий осуществляющихся ныне крупных инженерных работ – строительства гидросооружений, транспортных путей (включая трубопроводы) и горных разработок.

Проект 11. Изучаются экологические аспекты городских систем с особым упором на использование энергии.

Основные направления исследований:

− взаимоотношения городских систем и природных экосистем;

− изучение потоков вещества и энергии в городских экосистемах;

− изучение благополучия проживающих в городских системах людей как общего критерия эффективности и целесообразности этих систем.

Проект исходит из интегрированного понимания поселений человека как социально-культурных и экологических систем и предусматривает комплексный, многодисциплинарный подход к исследованиям, что требует широкого использования системного анализа.

Проект 12. Изучается взаимодействие между преобразованиями окружающей среды и адаптивной, демографической и генетической структурами народонаселения. Предметом исследований являются проблемы миграции населения, причины, приводящие к изменениям в городском и сельском населении, а также сближение и взаимопередача элементов различных культур в ходе индустриализации. Определенное внимание уделяется тем обществам, которые в течение продолжительного времени используют ресурсы окружающей среды без заметного ее ухудшения и в то же время сохраняют стабильную численность населения.

Одним из направлений исследований является изучение изменения взаимосвязи окружающая среда – общество в различных экосистемах (включая связи между генетическими, демографическими, социально-культурными структурами населения). Сюда же входят исследования зависимости между способом землепользования, ресурсами окружающей среды, темпами и масштабами миграции населения. Что касается

социальных аспектов проблемы, изучаются такие факторы, как система землепользования, общественное устройство, социальная стратификация, и их влияние на способность населения изменяться и реагировать на преобразования окружающей среды.

Изучается также влияние изменяющейся среды на здоровье населения (включая заболеваемость, смертность, старение, физиологическое состояние и энергетический баланс населения).

Проект 13. Дается понимание состояния окружающей среды. Проект предполагает шесть основных направлений исследований:

− восприятие окружающей среды в изолированных экологических областях;

− восприятие опасностей окружающей среды (естественных и созданных человеком);

− восприятие национальных парков и других относительно малоизученных участков естественной окружающей среды;

− восприятие экологической, исторической и эстетической важности типичных ландшафтов, созданных человеком;

− восприятие качества городской окружающей среды;

− разработка и усовершенствование моделей планирования политики в области окружающей среды.

Проект 14. Изучается воздействие загрязненной окружающей среды на биосферу. Основной целью проекта является обеспечение программы МАБ необходимыми данными о загрязнении экосистем и определение подходов и методологий изучения воздействия загрязняющих веществ на организмы, популяции и виды.

Основными задачами проекта являются:

− установление взаимосвязи между загрязнением, структурой и функционированием наземных и водных экосистем;

− выявление тех показателей и измерений, которые будут необходимы для слежения за текущим состоянием окружающей среды и его оценки, а также для прогнозов будущих экологических изменений, появляющихся в результате загрязнения.

Исследования ведутся в трех основных направлениях:

− определение критических переменных окружающей среды и ряда основных показателей;

− экспериментальная проверка взаимосвязи между загрязняющими ингредиентами и экосистемами, популяциями или отдельными организмами;

− анализ путей и скорости преобразования и циркуляции

загрязняющих веществ в экосистемах.

Выделяется для особого изучения ряд процессов в окружающей среде, которые обычно представляют опасность для естественных экосистем, например, воздействие растворенных в дождевой воде кислот на почву и растительность, перенос микроорганизмов, вирусов и паразитов в грунтовые воды, а также накопление летучих химических веществ в условиях холодного климата.

Работы по проекту МАБ № 14 координируются с программой Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС) Всемирной метеорологической организации и ЮНЕП.

Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС – the Global Environmental Monitoring System – GEMS) создана совместными усилиями мирового сообщества. Основные положения и цели программы были сформулированы в 1974 г. на Первом Межправительственном совещании по мониторингу. Наблюдениями охвачены территории 42 государств.

Цель системы – обеспечение государств и международных организаций информацией о состоянии окружающей среды, естественных и антропогенных изменениях в ней и рекомендациями для управления качеством среды обитания.

ГСМОС основывается на системах национального мониторинга, которые функционируют в различных государствах согласно как международным требованиям, так и специфическим подходам, сложившимся исторически или обусловленным характером наиболее остростоящих экологических проблем. Международные требования, которым должны удовлетворять национальные системы-участники ГСМОС, включают единые принципы разработки программ (с учетом приоритетных факторов воздействия), обязательность наблюдений за объектами, имеющими глобальную значимость, передачу информации мониторинга в Центр ГСМОС).

Система мониторинга реализуется на нескольких уровнях, которым соответствуют специально разработанные программы:

− локальном (изучение сильных воздействий в локальном масштабе – Л);

− региональном (проявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона – Р);

− фоновом (на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность – Ф).

С помощью наблюдательных сетей, размещенных по всему земному шару, система ГСМОС позволяет определять уровни содержания диоксида углерода в атмосфере, загрязнение рек и океанов тяжелыми металлами, концентрацию озона в верхних слоях атмосферы, уровни выпадения кислотных дождей и другие параметры. Данные этой системы используются также при мониторинге климата, загрязнений морской среды, возобновляемых ресурсов в пустынных и полупустынных зонах, уровня деградации лесного покрова и почв.

Основные направления исследований:

− климатический мониторинг;

− мониторинг загрязнения окружающей среды;

− мониторинг возобновляемых ресурсов.

Климатический мониторинг осуществляет Всемирная метеорологическая организация (ВМО). Сбор данных производится с наземных станций и передвижных платформ, с помощью аэро- и космической съемки.

В рамках данного направления отслеживаются изменения в климате. На 80 станциях, которые размещены на территории 42 государств мира, контролируется содержание озона в атмосфере. На 4 станциях, размещенных в местах достаточного удаления от источников выделения углекислого газа, фиксируется его содержание в атмосфере. В Европе работает Химический центр (Норвегия) и два метеорологических центра (Западноевропейский в Осло, Восточноевропейский в Москве), которые ведут наблюдения за трансграничным переносом кислотообразующих веществ. Мониторинг проводится на 70 станциях.

Мониторинг загрязнения окружающей среды включает:

− мониторинг загрязнения атмосферного воздуха – наблюдения ведут ВМО, ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде);

− наблюдение за качеством вод в целях выявления особо опасных загрязнений и их переноса – информацию собирают ВОЗ совместно с ЮНЕСКО, ВМО, ЮНЕП;

− мониторинг радиационного загрязнения окружающей среды осуществляет МАГАТЕ (Международное агентство по атомной энергетике);

− мониторинг остаточных пестицидов в биологических системах контролирует ФАО (Орган ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства);

− мониторинг продуктов питания и корма для животных с целью

определения потоков загрязняющих веществ в этой цепи проводят ФАО, ВОЗ, ЮНЕП;

− мониторинг загрязняющих веществ в жидкостях, тканях, волосах человека и грудном молоке. Отслеживаются тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий, мышьяк), а также стойкие органические пестициды. Информацию собирают ВОЗ, ЮНЕП, МАГАТЕ;

− мониторинг загрязнения океанических систем осуществляет ВМО. Наблюдениями охвачены 270 рек мира, дающих сбросы загрязняющих веществ в моря и океаны.

Мониторинг возобновляемых природных ресурсов включает:

− наблюдение за состоянием почвы и растительного покрова.

Здесь изучаются деградационные процессы в рамках государств, выявляются причины, составляются деградационные карты и разрабатываются мероприятия по их устранению. Проводятся совместные наблюдения ФАО, ЮНЕСКО, ЮНЕП. Что касается растительного покрова, то собираются данные о состоянии и изменениях, происходящих в лесных экосистемах, выявляются причины их сокращения и разрабатываются мероприятия лесовосстановления. Работы осуществляются ФАО и ЮНЕП.

− наблюдения за водными ресурсами проводятся международной программой ЮНЕСКО совместно с ВМО и ЮНЕП;

− мониторинг фонового состояния биосферы осуществляется по программе ЮНЕСКО. Собирается информация в 35 странах мира. Фоновые наблюдения ведутся за эвтрофикацией водоемов и связанными с ней потоками питательных веществ. В рамках этого вида изучается влияние на водные экосистемы суши: ведутся наблюдения за циклами питательных веществ в экосистемах лугов и лесов, за воздействием атмосферных загрязнений на лесные и водные экосистемы, а также изучается влияние сельскохозяйственного производства на качество вод.

Локальный мониторинг является составной частью НСМОС. Он проводится в соответствии с Инструкцией о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасную деятельность. Данная инструкция утверждена Постановлением Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 1.02.2007, № 9 (в ред. Постановления Минприроды от 28.04.2008, № 42).

Локальный мониторинг – это система наблюдений, оценки

фактического состояния, прогноза изменений, прогнозируемого состояния у источников воздействия на окружающую среду.

Целью локального мониторинга является получение полной и достоверной информации о влиянии конкретного источника воздействия на природные компоненты.

В его задачи входят:

− организация системного экологического контроля и наблюдения за состоянием источника воздействия;

− контроль за соблюдением нормативных параметров технологических процессов;

− оценка и прогноз уровня загрязнения в окружающей среде источника;

− оперативное выявление опасных уровней загрязнения;

− разработка мероприятий по снижению отрицательного воздействия источника;

− оценка эффективности осуществляемых природоохранных мероприятий;

− обеспечение органов местного и государственного управления достоверной информацией о влиянии источника на окружающую среду;

− предоставление информации общественным организациям, населению, СМИ об экологической обстановке на территории источника воздействия;

− ведение банка данных.

Работы в системе локального мониторинга осуществляются в рамках Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Наблюдения ведутся по следующим направлениям:

− за выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух источниками воздействия;

− за качеством сточных вод, сбрасываемых в поверхностные объекты;

− за качеством вод в водных объектах на участке сброса источником сточных вод;

− за состоянием подземных вод в районах влияния источника воздействия;

− за состоянием земель в зоне воздействия источника.

Перечень объектов наблюдения определяется Министерством природных ресурсов. Состав контролируемых веществ устанавливается Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, местными органами власти.

Функционирование локального мониторинга осуществляется по иерархическому принципу. Его структура имеет три уровня.

I уровень представлен ведомственными и заводскими лабораториями, которые отбирают пробы, анализируют их и определяют состав загрязняющих веществ. Полученную информацию передают на второй уровень.

II уровень – территориальный информационно-аналитический центр (ИАЦ). В настоящее время в Республике Беларусь функционируют 6 областных центров и 1 при Минском городском комитете природных ресурсов и охраны окружающей среды.

В функции территориального ИАЦ входят:

− накопление, хранение и обработка информации;

− создание и ведение банка данных;

− подготовка и предоставление данных в центральный информационно-аналитический центр.

III уровень – центральный информационно-аналитический центр (ЦИАЦ), который функционирует в главном аналитическом центре национальной системы мониторинга окружающей среды. Функции ЦИАЦ:

− накопление, хранение и обработка информации;

− создание и ведение банка данных;

− составление прогнозов экологических ситуаций на уровне территориального комплекса, города, промышленного района, населенного пункта в зоне влияния источника воздействия;

− выявление опасных уровней загрязнения;

− предоставление объективной информации СМИ, общественным организациям, населению.

Контроль состояния атмосферного воздуха проводится с 2001 г. Система контроля за атмосферой включает 160 источников. Перечень контролируемых веществ, нормативно допустимого выброса, периодическое наблюдение определяется территориальными органами Министерства природных ресурсов.

Пробы воздуха отбираются на промышленных площадках источников воздействия, в санитарно-защитной зоне предприятия и в зоне влияния источника воздействия.

В Минске в систему локального мониторинга включено 33 предприятия, в Брестской области – 22, в Витебской – 26, в Гомельской – 27, в Гродненской – 19, в Могилевской – 27.

Контроль за состоянием поверхностных водных ресурсов начат с

2001 г. Основными источниками воздействия на качественное состояние вод в поверхностных водных объектах является ЖКХ. На его долю приходится до 60 % объема сточных вод. В сети локального мониторинга для сбора информации организовано 135 пунктов наблюдения. В разрезе бассейнов рек Неман – 32 пункта наблюдения, Западная Двина – 21, Западный Буг – 7, Днепр – 57, Припять – 18.

В сточных водах контролируется более 100 химических компонентов.

Сбор информации о загрязнении подземных вод ведется с 2001 г. Организовано 245 пунктов контроля. В сети локального мониторинга подземных вод объектами наблюдения являются скважины, которые делятся на 2 группы:

− фоновые;

− скважины на территории источников воздействия.

Наблюдениями охвачены территории захоронения пестицидов в Городокском, Дрибинском, Слонимском и Петриковском районах. Поля орошения – 21 пункт наблюдения – это территории, где проводится утилизация жидких фракций крупных животноводческих комплексов. Поля фильтрации – 12 объектов, в водах которых контролируются железо, нефтепродукты, сульфат-аммонийный азот. Проблемными в Республике Беларусь являются подземные воды полей фильтрации Калинковичского и Волковыского мясокомбинатов.

Полигоны захоронения отходов – 117 объектов. Проблемными загрязняющими примесями в подземных водах этих территорий являются нефтепродукты, сульфаты, СПАВы, фенолы и тяжелые металлы. Особенно это касается полигонов захоронения отходов городов Слуцка и Кричева.

Объекты промышленности. Основными объектами промышленности, включенными в сеть локального мониторинга, являются предприятия: энергетики, металлургии, машиностроения и металлообработки, химической и нефтехимической промышленности, строительных материалов, деревообрабатывающей и легкой промышленности. Наблюдения проводятся на территориях шламонакопителей, шламоотвалов, полигонов промотходов, отвалов технологических отходов, лигнина, фосфогипса, хранилищ нефтепродуктов.

В подземных водах этих территорий обнаруживается большой перечень загрязняющих веществ. Так, для объектов энергетики, машиностроения и металлообработки характерны загрязнения вод сульфатами, хлоридами, соединениями азота, тяжелыми металлами. В подземных

водах химической и нефтехимической промышленности обнаруживаются нефтепродукты, соединения азота, СПАВ, фенолы. Что касается объектов легкой промышленности, строительных материалов и деревообработки, то в их подземных водах присутствуют сульфаты, хлориды, тяжелые металлы, нефтепродукты, соединения азота, СПАВ, фенолы.

Сеть локального мониторинга земель начала формироваться с 2007 г. Контролю подлежат земли тех объектов хозяйственной деятельности, работа которых связана с эксплуатацией источников химического загрязнения почв. Локальный мониторинг земель осуществляется на предприятиях, чья деятельность может вызвать химическое загрязнение почвенного покрова.

Он предполагает организацию на территории предприятия сети пунктов наблюдений за состоянием земель (почв), состоящую из пробных площадок, на которых периодически, не реже одного раза в 3 года, проводится оценка содержания в почвах приоритетных для данного предприятия загрязняющих веществ.

В систему наблюдения включены территории металлургических заводов, машиностроения, автозаправочных станций, хранения нефтепродуктов, комплексы по производству строительных материалов.

Данные локального мониторинга земель металлургического и машиностроительного комплексов указывают на загрязнения почв, в основном, тяжелыми металлами. Доминирующими из них является цинк и кадмий.

Наиболее распространенными приоритетными загрязняющими веществами почвы на предприятиях топливно-энергетического и нефтехимического комплексов являются полициклические ароматические углеводороды. Для предприятий по производству шин, синтетических волокон и нитей, лаков и красок характерно также и загрязнение почв цинком и кадмием. В почвах предприятий промышленности строительных материалов является мышьяк.

ЛЕКЦИЯ 2
МЕТОДОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ

Сущность и содержание мониторинговых наблюдений/

Для анализа и прогнозирования использования земель прежде всего необходимо осуществление полномасштабного наблюдения за их состоянием. В общем виде наблюдение по способ познания объективного

мира, основанный на непосредственном восприятии предметов и явлений без вмешательства в процесс со стороны исследователя. Наблюдения как исходный, первоначальный этап мониторинга земель представляет собой единство следующих действий: слежения, изучения и обследования. Для мониторинговых наблюдений характерно отслеживание всех динамичных процессов в использовании земель, научное понимание и исследование этих процессов, а также некоторые элементы осмотра и проверки состояния земель.

По своей направленности различают следующие мониторинговые наблюдения за:

1) источниками и факторами воздействия на землю;

2) физико-химическими, геохимическими и другими свойствами или характеристиками состояния земель;

3) реакцией биоты, состоянием здоровья людей, экономическими последствиями хозяйственной деятельности, вызванными антропогенным воздействием на землю.

Наблюдение за состоянием земель осуществляется с помощью тех или иных приемов и методов.

Дистанционное зондирование земной поверхности – отображение свойств земли с помощью моментальных съемок (фотографирования) в разном масштабе как наземным, так и внеземным способом (авиационными и космическими летательными аппаратами).

Геодезические измерения и съемки – физический процесс определения численных параметров земельных участков в общепринятой системе координирования и проецирования. Способ, объединяющий зондирование поверхности и геодезические измерения, называют способом аэрофотогеодезических съемок.

Картографирование земельных ресурсов (формализация земель) – изображение земной поверхности по определенному математическому закону и свойств земель с помощью системы условных знаков. Продукция картографии (планы, карты, атласы) является одним из основных источников информации о земле, в том числе о наиболее существенных изменениях ее состояния. Данный способ наблюдения предполагает наличие разновременного картографического материала на одну и туже территорию.

Статистика (счет, учет) земель – нахождение численного значения характерных количественных параметров земель (площадь, количество, размер отдельных участков или их совокупность), а также количественно выражаемых признаков важнейших свойств земель.

Статистическое наблюдение часто используется в комплексе с другими методами наблюдения.

Специальное обследование земель – выполняемые по разработанной программе работы по проверке и изучению фактического состояния земельных участков: почвенное, агрохимическое, геоморфологическое, геологическое, ландшафтное, мелиоративное и др.

Специальное изыскание – детальное исследование отдельных свойств земель в целях дальнейшего их использования. Наиболее известны следующие изыскания: геодезическое, почвенно-мелиоративное, геоботаническое, эрозионное, культуртехническое. Оно проводится, как правило, в полевых условиях по специальной методике в дополнение к почвенным и другим обследованиям.

Экспериментальное исследование и полевые опыты – специальное изучение наиболее значимых или длительных во времени явлений в использовании земель. Проводится в случаях, если требуются закладка специального опыта и систематический эксперимент по различным методикам полевых опытов. Для мониторинга земель важны результаты экспериментальных наблюдений, например за процессами зарастания земель мелколесьем, особенностей смыва и размыва почвы и др.

Технология наблюдения может быть представлена в виде последовательных процедур (рис. 2.1).

На первоначальном этапе в ходе подготовительных работ уточняются цель и объект наблюдения, определяются методы, технология, инструментальное и приборное обеспечение выбранных методов. Процесс мониторингового наблюдения предусматривает после первой (исходной) фиксации состояния объекта обязательное повторное наблюдение, что позволяет определить направленность и характер изменений. Предварительные результаты первоначальных наблюдений берутся за основу последующих работ по мониторингу, необходимых для выявления закономерностей в динамике изменений и прогнозирования возможных последствий изучаемого явления.

Важная роль в проведении наблюдения за состоянием земель отводится подбору (выбору) объектов наблюдения.

Подбор объектов наблюдений за состоянием земельных ресурсов осуществляется с учетом природно-климатических условий и степени антропогенного воздействия на земли.

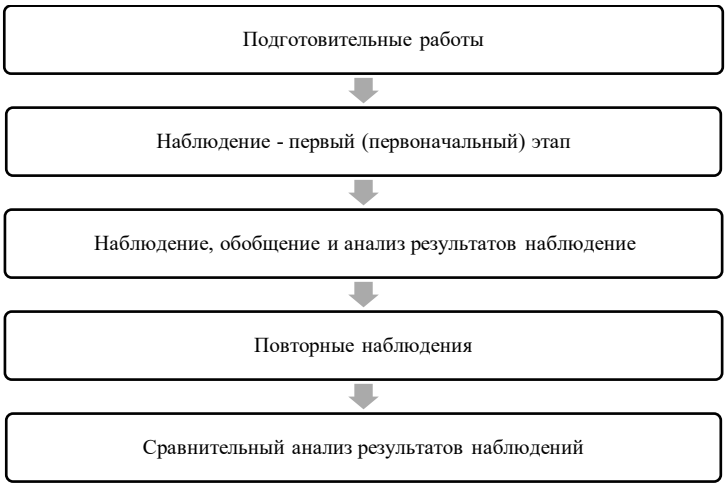

Рис. 2.1. Общая логическая последовательность процессов наблюдения

При стационарных мониторинговых исследованиях важно определить пространственное (территориальное) расположение точек наблюдения. Чтобы стационар был репрезентативным по отношению к региону, необходимо вначале убедиться, что выбранное для стационара место находится в одном из типов ландшафта, наиболее часто встречающихся в регионе. В этих целях проводится крупномасштабное районирование территории (М 1:5000–1:10000) для выбора *типичных* точек наблюдения. Во внимание должны приниматься все условия, которые впоследствии будут влиять на фиксируемые данные.

Часто целью мониторингового наблюдения (особенно при изучении динамики почвенного покрова) является учет факторов, которые заведомо меняются на малых пространствах и не могут быть охарактеризованы какой-либо одной цифрой, кроме средней. В этом случае должны применяться закон больших чисел и правила случайной выборки.

Количество необходимых наблюдений n (число повторных наблюдений) определяется по следующему соотношению:

$$n = \frac{t^2}{k^2}, \qquad (2.1)$$

где t – показатель вероятности безошибочных суждений;

k – показатель точности.

Величина *t* устанавливается с учетом теории вероятности. Если желательно получить вероятность, равную 0,95; 0,99 или 0,999, то следует взять *t,* соответственно равным 1,96; 2,58 и 3,30. Значение точности *к* при обычных исследованиях принимают равным 0,3–0,5, при исследованиях средней ответственности – 0,1–0,3, при особо ответственных – < 0,1.

Часто наблюдения имеют сравнительный характер. В таком случае целесообразно выбирать два объекта или более, различающиеся каким-либо одним признаком при возможном наибольшем равенстве всех остальных. Затем наблюдаются различия в процессе развития, которые, естественно, приписываются влиянию отличающегося признака. Наиболее важен сравнительный метод при организации эксперимента или полевого опыта. Во всяком эксперименте исследуемый объект сравнивается с контрольным, т. е. с неизменным. В таком случае подбор объектов для сравнения облегчается, так как один и тот же объект можно использовать сначала в качестве контроля, потом в качестве опыта.

При эксперименте, поставленном для выявления простой взаимосвязи, необходимо преследовать только одну цель, проверять только одну причину изменений. Результаты таких экспериментов бывают наиболее отчетливыми. Если же выясняемые факторы в какой-то мере влияют друг на друга, исследование и анализ результатов мониторинга существенно усложняются. Многофакторные опыты при изучении земельных ресурсов (или отдельных их свойств) имеют место, например, при изучении влияния осадков на смыв почвы и грунта. При этом исследуется величина эрозии в зависимости от продолжительности осадков, их интенсивности, уклона, состава почвы и других факторов

При организации наблюдений, результаты которых будут исследоваться на основе балансовых измерений, необходимо осуществлять учет всех приходных и расходных статей. В противном случае баланс нельзя замкнуть и исследование лишается большей части своего значения. Так как все элементы природных балансов изменяются во времени и, как правило, несинхронно, то они должны быть приурочены к одному моменту или к началу и концу определенного периода.

Основу системы сбора информации об изучаемых объектах в ходе мониторинга составляют так называемые *наблюдательные сети* Наблюдательные сети мониторинга призваны обеспечить всесторонний сбор достоверной информации о земельных ресурсах в целом и их отдельных элементах. Достоверность, надежность первичной информа-

ции в системе мониторинга – основной залог успеха дальнейшего изучения и оценки состояния объектов и принятия в конечном итоге верных прогнозов.

Исходя из этого, к наблюдениям в системе мониторинга предъявляются достаточно высокие требования, а их проведение должно основываться на тщательных методических проработках и научном обосновании. В зависимости от назначения в мониторинге земель и окружающей среды используют четыре основные группы наблюдений: инвентаризационные, ретроспективные, режимные и методические.

Инвентаризационные наблюдения (от лат. *inventarium* – инвентаризация, т. е. опись, подсчет имущества, в наличии на данный момент) проводятся достаточно редко, через длительный срок, для того чтобы оценить либо начальное состояние земель, либо многолетние их изменения. Инвентаризационные наблюдения, как правило, включают в себя набор трудоемких или дорогостоящих методов наблюдений за объектами, которые не могут часто использоваться или входить в состав режимных наблюдений. Эти наблюдения носят характер инвентаризации на определенный период и могут проводиться один раза в год либо в 2–3 года и более. В состав инвентаризационных наблюдений априори включаются наиболее консервативные элементы окружающей среды, для которых заведомо можно предположить низкую скорость изменения, в том числе и техногенного. Вместе с тем инвентаризационные наблюдения организуются на заповедных территориях, где техногенные изменения отсутствуют или проявляются медленно. В таком случае инвентаризационные наблюдения лают возможность установить так называемые «фоновые значения показателей состояния земель, не подверженных техногенному воздействию.

Ретроспективные наблюдения (от лат. *retro* – назад + *ярее to* – смотрю, взгляд в прошлое, обращение к прошлому) направлены на выявление тенденций развития земной поверхности или ее отдельных компонентов и установление закономерностей их изменений. Ретроспективные наблюдения, дополненные интерпретацией, составляют основу для решения прогнозных задач в мониторинге земель. Они проводятся по особой программе, составленной с учетом установленных для данного компонента тенденций развития или изменения. Главное условие при постановке ретроспективных наблюдений – обеспечение надежной информации, достаточной и необходимой для составления того или иного прогноза.

Режимными стационарными наблюдениями называются

наблюдения за динамикой процессов и явлений на наблюдательных стационарах: наблюдательных участках, точках, пунктах – в целях выявления их закономерностей и обусловленности. Они отражают определенные временные (ежегодные, сезонные, ежемесячные, суточные и др.) колебания в системе наблюдаемых объектов и процессов. Режимные наблюдения в общей методике мониторинговых исследований составляют определенный, самостоятельный и важный вид работ, поскольку они нацелены на решение прогнозных задач, на то, чтобы изучить тенденцию и масштаб развития процессов и явлений в будущем.

Такие наблюдения обычно выполняют в целях:

1) получения качественных и количественных характеристик о состоянии объекта;

2) установления закономерностей развития процессов и явлений, выявления причин, их обусловливающих;

3) предупреждения опасных и катастрофических процессов;

4) составления прогноза развития процессов и опасных явлений;

5) обоснования необходимых мероприятий по охране почв и земель, а также обеспечения устойчивости зданий и сооружений;

6) управления процессами и явлениями, обеспечивающими благоприятную жизнедеятельность людей.

При хозяйственном использовании земель проектировании, размещении, строительстве и эксплуатации различных объектов недвижимости чаще всего выполняются режимные наблюдения за скоростью и характером развития процессов загрязнения, выветривания и эрозии, за деформациями горных порол на склонах, оползневых участках, в подземных выработках и котлованах, за осадками и деформациями сооружений.

На различных стадиях мониторинговых исследований роль режимных стационарных наблюдений неодинакова. Основной их объем приходится на стадию детальных исследований. Они дополняют другие виды наблюдений и поэтому обеспечивают полное и детальное изучение состояния земель при решении тех или иных управленческих задач.

В небольших объемах их выполняют иногда на стадиях предварительных и рекогносцировочных исследований, а также при дополнительных изысканиях для обоснования рабочих чертежей и очень часто в период интенсивного использования участков или эксплуатации сооружений. В этом состоит одна из характерных особенностей режимных стационарных наблюдений.

Четвертую группу наблюдений в системе мониторинга земель со-

ставляют *методические наблюдения.* Они направлены на совершенствование существующих способов проведения мониторинга или на создание новых. Методические наблюдения часто предшествуют режимным или ретроспективным для корректировки или уточнения программ наблюдений. С их помощью устанавливаются наиболее оптимальные сроки контроля наблюдаемых систем и их периодичность. Особенно велика роль методических наблюдений на начальной стадии организации наблюдательной сети мониторинга земель.

Для каждой сети наблюдений при организации функционирующей системы мониторинга разрабатываются *программы наблюдений.* Они должны дать исчерпывающие ответы на вопросы: что, где, чем (как), с какой частотой и периодичностью наблюдать? По своей форме программа наблюдений составляется в виде практического методического руководства по наблюдениям на данной конкретной территории.

Ответ на первый вопрос *«что наблюдать?»* дается в программе наблюдений исходя из конкретного объекта мониторинга и его ранга. Наблюдения ведутся прежде всего за параметрами или элементами, являющимися ведущими в использовании земель данной местности определяющими их характерные свойства и функционирование, а также наиболее значимыми в экологическом плане. Исходя из этого, выбирается наиболее оптимальный набор количественных и качественных показателей.

Вопрос *«где наблюдать?»* решается несколько проще, поскольку каждый показатель однозначно связан с каким-либо конкретным элементом территории или ее частью. Каждая точка наблюдений представляет собой единичный пункт получения информации, а им комплекс – *систему пунктов получения мониторинговой информации.* В методическом плане главным условием в ее организации является учет характера пространственной изменчивости объектов окружающей среды, изменчивости зонально-климатических факторов, а также источников техногенного воздействия. Анализ изменчивости показателей загрязнения земель и окружающей среды должен проводиться с учетом возможных миграционных путей загрязнений источника: поверхностных –текущими водами, атмосферных – по ветру или с осадками, подземных – грунтовыми водами и т. д.

Для анализа аэротехногенного загрязнения исследуется так называемая *роза ветров* – график направлений ветра на конкретной территории (рис. 2.2).

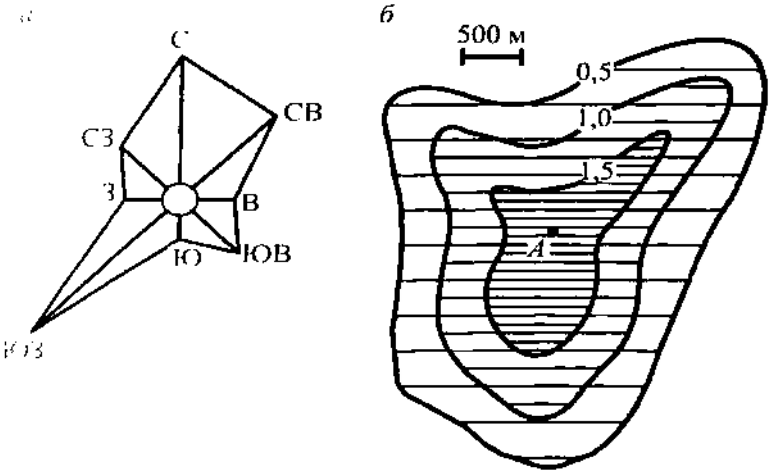

Рис. 2.2. Роза ветров с преобладанием северного, северо-восточного и юго-западного направлений ветров (а) и ареал загрязнения поверхности цементной пылью, кг/м^2 в год, вокруг цементного завода, расположенного в точке *А* (б)

Направление ветров на графике обозначается линией с указанием стороны света, откуда поступают воздушные массы на данную территорию. Понятно, что «языки» поверхностных загрязнений будут располагаться в противоположном направлении.

Роза ветров строится обычно по многолетним денным для года, полугодия или другого сезонною периода по 8 (или 16) румбам на основании метеорологических наблюдений Учитывая число возникновения ветров за каждый временной промежуток но каждому румбу (а также дни штиля), вычисляют их процент от общего числя измерений за период наблюдения и составляют график Для этого от центра но направлению румбов откладывают в условном масштабе отрезки линий. концы которых соединяют ломаной линией. Пути миграции загрязнений поверхностными водами анализируются на основе особенностей рельефа и направлений поверхностного стока территории. Миграция загрязнений в потоке подземных вод анализируется на основе исследования карт гидроизогипс и других гидродинамических карт

Ответ на вопрос «*чем наблюдать?*» обычно решается наиболее просто, поскольку техническая база наблюдений достаточно широко разработана. В качестве технических средств наблюдений используются приборы и оборудование как для дистанционных, так и для наземных

наблюдений. Главной проблемой при этом является подбор наиболее оптимального комплекта автоматизированных технических средств с учетом их надежности, стоимости, экономичности и т. д.

Чрезвычайно важным является ответ на вопрос «*с какой периодичностью и частотой наблюдать?*». Решение этого вопроса определяется с учетом временной изменчивости состояния земель и объектов недвижимости, а также временным режимом функционирования техногенных объектов. Часто бывает невозможно сразу правильно выбрать режим наблюдений (частоту замеров, периодичность и т. д.) из-за недостаточной первичной информации о том или ином объекте. Например, если проводить отбор проб на загрязнение почвы случайным образом, можно получить ошибочные результаты. В этом случае проводятся дополнительные исследования и по их результатам вносятся корректировки в программу наблюдений, которая постепенно уточняется и по мере работы системы мониторинга становится более оптимальной.

Наблюдательные сети для мониторинга земель формируются в определенном трехмерном пространстве. В зависимости от масштаба исследований или ранга мониторинга наблюдательные сети бывают детальными, локальными, региональными или национальными. Они охватывают определенные площади – так называемые наблюдательные полигоны соответствующего уровня. Наблюдательные полигоны могу включать всю исследуемую территорию или только ее часть. В последнем случае наблюдения ведут либо на опытных площадках, оборудованных соответствующим образом, либо на эталонных участках, состояние которых отражает лишь какой-либо один характерный *элемент* землепользования. Низшей структурной единицей иерархической системы наблюдений мониторинга является *точка наблюдения* (точка отбора проб почвы или грунта, родник, колодец, скважина и т.п.). *Следующий* уровень – *наблюдательная площадка или пост* состоит из группы специально оборудованных наблюдательных точек. Площадка или пост обычно обеспечивает какую-либо одну группу наблюдений, а в случае комплексного применения методов наблюдений (например, почвенно-эрозионных, гидрогеологических и др.) перерастает в *наблюдательный полигон.* В пределах наблюдательного полигона оборудуется система наблюдательных постов и экспериментальных площадок, предназначенных для изучения конкретных явлений и процессов в использовании земель.

В зависимости от таксономического ранга наблюдательного полигона на них решаются разные задачи. Полигоны низшего ранга – *де-*

тальные наблюдательные полигоны, предназначенные для решения различных узких задач сбора первичной информации на участках, типовые условия которых соответствуют опорному полигону.

Опорный полигон соответствует локальному уровню исследований и оборудуется на типовом (опорном) участке, характеризующем какую-либо таксономическую единицу типологического районирования. На опорных наблюдательных полигонах выявляются основные закономерности и механизмы развития тех или иных процессов, проводится наиболее полный комплекс наблюдений.

Разновидностью опорных полигонов являются так называемые *фоновые полигоны,* или полигоны для сбора фоновой информации на территории, не затронутой техногенными воздействиями. При отсутствии фоновых показателей задача прогнозирования изменений окружающей среды значительно усложняется. Вопрос о выборе места для обустройства фонового полигона не всегда решается просто. Особенно сложно выявить участки для оценки фоновых показателей в пределах урбанизированных территорий и районов с большой техногенной нагрузкой. На региональном уровне исследований в качестве таких участков для оценки фоновых значений показателей может использоваться существующая в Беларуси *сеть биосферных заповедников и заказников,* которая включена в систему глобального мониторинга природной среды.

Специальные наблюдательные полигоны создаются для наблюдений за какими-либо негативными процессами на различных ответственных или уникальных сооружениях. Сложность таких сооружений (например, гидроузла, АЭС и т. п.) обуславливают проведение особых защитных инженерных мероприятий и соответственно особых наблюдений, проводимых по специально составленной программе. В связи с этим в системе мониторинга земель и окружающей среды специальные полигоны выделяются в отдельный вид.

Основой всякого полигона в системе мониторинга является хорошо и правильно оборудованная наземная наблюдательная сеть, *техническую базу* которой составляет соответствующая и верительная и регистрирующая аппаратура. Существует несколько главных условий ее успешного функционирования:

♦ автономность работы приборов (наличие автономных источников питания) с малой потребляемой мощностью;

♦ непрерывность работы измерительных средств (датчиков) в течение длительного времени (5 лет и более);

♦ автоматизация процесса измерений и передачи в АИС или

сохранение собранной информации;

♦ комплекс средств измерений (использование меньшего числа приборов для фиксации возможно большего числа параметров).

Для наблюдательной сети мониторинга используется как серийная геодезическая, почвенно-аналитическая, геофизическая, инженерно-геологическая и другая аппаратура, так и создаваемая специально с учетом специфических целей и задач наблюдений.

Состав наблюдений определяется с учетом различных источников техногенного воздействия на данной территории и может быть площадным (проводиться по всей площади), линейным (например, по линии ландшафтного, геофизического или гидрогеологического профиля) или точечным (редкая наблюдательная сеть, рассредоточенная по площади).

Для подбора объектов и участков наблюдений за культуртехническим состоянием земель собираются и изучаются материалы обновления планов землевладений и землепользований, почвенного обследования, культуртехнического состояния сельскохозяйственных земель, аэрофотосъемок разных лет, материалы, характеризующие рельеф, климатические и другие природные условия, хозяйственное состояние земель, прочие материалы. При подборе объектов и участков наблюдений учитываются имеющиеся материалы ранее проводимых работ по выявлению качественного состояния земель республики. На основании систематизации и анализа всей совокупности материалов выявляются ареалы распространения каменистости (завалуненности), закустаренности, участки разработки месторождений полезных ископаемых, территорий, на которых имеется значительное количество мелких по плошали контуров земель. С учетом этого подбираются объекты и участки мониторинговых наблюдений в различных природно-климатических условиях республики.

Участки наблюдений должны находиться в стороне от населенных пунктов, производственных и других комплексов, мест особенно интенсивных человеческих воздействий и сохранять при этом неизменные границы на протяжении всего срока мониторинговых работ. В их пределах не должно планироваться проведение культуртехнических, гидромелиоративных и иных мероприятий, а также строительных и других работ, границы участков должны быть достаточно легко определяемыми и обозначаемыми в натуре.

Для анализа динамики каменистости сельскохозяйственных земель на почвах, развивающихся преимущественно на моренных и водно-ледниковых породах, подбираются участки периодического контроля

размером 10×10 м, вершины которых привязываются по возможности инструментально к местным ориентирам.

Участки наблюдений за динамикой степени закустаренности (залесенности) подбираются на контурах закустаренных (залесенных) сельскохозяйственных земель (преимущественно луговых сенокосов и пастбищ), на почвах различного типа почвообразования и гранулометрического состава.

Ведение горных работ закрытым способом на территориях залегания полезных ископаемых оказывает отрицательное влияние на состояние земель и ограничивает их хозяйственное использование в результате реформаций земной поверхности. Для установления динамики просадочных явлений в местах разработки месторождений полезных ископаемых подбираются участки периодического контроля.

Участки периодического контроля подбираются площадью 5–10 га прямоугольной формы. Вершины участков закрепляются реперами, привязываются инструментально к местным твердым ориентирам и с целью получения возможности ведения мониторинговых наблюдений – с достаточной точностью к пунктам опорной геодезической сети.

Подбор участков наблюдений за степенью развития просадочных явлений в местах разработки полезных ископаемых закрытым способом осуществляется с учетом сроков начала разработки полезных ископаемых. Период от начала разработки полезных ископаемых до начала мониторинговых наблюдений должен составлять не менее 2 лет.

В условиях Беларуси насчитывается большое количество сельскохозяйственных землепользователей, имеющих значительное количество контуров земель площадью менее 2 га. Как правило, это вкрапленные в несельскохозяйственные участки или расположенные по мозаике контуры пашни, луговых земель или, наоборот, вкрапленные в сельскохозяйственные земли контуры несельскохозяйственных участков. Их границы весьма неустойчивы, и изменение границ таких контуров автоматически ведет к изменениям площадей, которые не отражаются в текущем учете земель.

Для периодического наблюдения за динамикой границ контуров подбираются участки земель наблюдений площадью 0,5–1,0 га или группа участков (контуров) в зависимости от избранного метода мониторинговых наблюдений.

Всем подобранным участкам мониторинговых наблюдений присваиваются номера, участки отображаются на планово-картографической основе землевладений и землепользований.

Объектами наблюдения за динамикой свойств почв и почвенного покрова являются типичные районы, сельхозорганизации, ключевые участки, поля наблюдения, стационарные площадки. Выбор объектов мониторинговых наблюдений основывается на корректной оценке почвенно-экологических условий Беларуси, учете изменений поя- венного покрова, различных природных комплексов при сельскохозяйственном использовании.

В процессе подбора объектов наблюдений собираются и изучаются следующие материалы:

♦ почвенного и агрохимического обследования различных туров и их обобщения на территории типичных административных районов и сельскохозяйственных организаций;

♦ карты природно-сельскохозяйственного, почвенно-географического, ландшафтного и других видов специального районирования;

♦ материалы учета культуртехнического и мелиоративного состояния сельскохозяйственных земель, инвентаризации осушенных и орошаемых земель;

♦ аэрофотосъемки разных лет залетов;

♦ агрономические источники по региональным системам земледелия.

Окончательный выбор объектов наблюдений выполняется таким образом, чтобы ими был охвачен каждый почвенно-географический район республики. В районах со сложным и динамичным почвенным покровом или в случае интенсивного проявления в них антропогенного воздействия (агротехнического, гидромелиоративного) или применения нетрадиционной технологии и т. п. подбираются не менее двух объектов наблюдений. При этом каждый из них должен характеризовать территорию, где антропогенно преобразованные почвы занимают 50 % и более площади всех почв.

Выбранное в качестве объекта наблюдения сельскохозяйственное землепользование должно отвечать требованиям среднего уровня ведения агротехники, иметь книгу истории полей. При этом должны быть учтены местоположение ближайшей метеостанции (метеопункта). транспортная доступность и заинтересованность руководителей и специалистов хозяйства в результатах будущих исследований. С руководством сельхозорганизации в обязательном порядке согласовываются также выбранные поля и участки наблюдений. При выборе в качестве объекта наблюдения фермерского хозяйства принимаются во внимание его специализация и характер хозяйственного использования земель.

На территории сельхозорганизации выбирается *ключевой участок,* на котором периодически выполняется детальная почвенная съемка с целью изучения трансформации почв и почвенного покрова. Ключевой участок должен характеризовать наиболее типичную почвенную комбинацию исследуемого агропочвенного района и включать сельскохозяйственные земли, характерные для данной комбинации. Кроме того, для наиболее распространенной почвенной разновидности в пределах ключевого участка с целью получения сравнительных данных с нераспаханной почвы определяется лесной аналог. По возможности он должен располагаться в едином почвенном массиве. Сеть ключевых участков периодического контроля прежде всего размещается на территориях с динамичным почвенным покровом (эродируемые или дефлируемые земли, осушенные массивы, особенно с маломощными торфяно-болотными почвами, участки суглинистых (супесчаных) почв на маломощных покровных суглинках (супесях), подстилаемых близко песками, где часто наблюдаются выпашки и т. д.).

Выбор объектов наблюдений на техногенно загрязненных территориях определяется наличием действующих источников загрязнения и характером строения окружающего их почвенного покрова.

Учитывая тесную зависимость между направлением ветра и дальность переноса пыли и газов, перед отбором проб уточняют на ближайшей метеостанции направление господствующих ветров в данной местности. Для определения точек отбора проб применяется азимутальный метод. При этом число направлений зависит от объекта загрязнения.

При изучении одиночного источника загрязнения отбор проб проводят по четырем основным направлениям (румбам). Если объектом исследований является город или промышленный центр, пробы отбирают не менее чем по восьми направлениям. При этом один из румбов должен совпадать с направлением преобладающего ветра в годовой розе ветров. Расстояния в зависимости от источники техногенных выбросов до места отбора почвенных проб различны как по основным направлениям, так и в направлении господствующих ветров.

В условиях радиоактивного загрязнения земель объекты определяются для получения данных по динамике радиоактивности почв и растительности во времени, которые служат базой для разработки прогноза и мероприятий по использованию загрязненных территорий. Обследованию подлежат все виды сельскохозяйственных земель, земли в населенных пунктах, а также все земли несельскохозяйственного использования.

Сеть мониторинговых объектов должна охватывать все типичные для зоны радиоактивного загрязнения почвенно-ландшафтные территории с учетом уже имеющихся на территории республики реперных разрезов по изучению вертикальной миграции радионуклидов в различных почвах. Основные участки размером 50×50 м закладываются, как правило, на территориях с различной степенью загрязнения (с загрязнением по цезию 1–5, 5–15, 15–40 и более 40 Ки/км^2, по стронцию – 1–2, 2–3 и более 3 Ки/км^2).

Повторность или периодичность наблюдений зависит от характера мониторинговых исследований. Так, наблюдения за состоянием деградированных и загрязненных земель выполняются при почвенном обследовании, которое проводится планово через каждые 20–25 лег, и при корректировании почвенных карт – каждые 10-15 лет с целью выявления значительных изменений состояния почвенного покрова. Контроль загрязнения земель промышленными выбросами, сточными водами и т. п. проводится систематически, не реже одного раза в пять лет. Ежегодный систематический мониторинг земель осуществляется выборочно, локально, в наиболее экологически опасных районах.

Крупномасштабные геоботанические обследования проводятся, как правило, не реже чем через 15 лет, а в районах интенсивного землепользования – через каждые 10 лет. Наблюдения по контролю за мелиоративным состоянием земель, наблюдения за уровнем и минерализацией грунтовых вод, засолением почв ведутся в основном сезонно весной, осенью (2 раза в год).

Дистанционные и наземные методы наблюдения. Сущность дистанционных методов наблюдения за состоянием земель заключается в получении снимков изображения земно поверхности с помощью авиационных и космических аппаратов.

Дистанционные методы наблюдения (методы зондирования) – это комплекс аппаратурных и методических разработок, позволяющих получать и интерпретировать фото-, кино- и телевизионные изображения, спектральные картины природных и искусственных образований, которые доставляются или передаются с аэрокосмических средств наблюдения. Сюда же входит слежение за средой с помощью приборов, устанавливаемых в труднодоступных местах Земли, показания которых автоматически передаются в центры наблюдения и сбора информации. Информация, полученная с помощью дистанционных методов наблюдения, обладает уникальными свойствами единовременного охвата больших площадей в сочетании с высокой детальностью на местности.

Установленные на авиационных и космических аппаратах фотографирующие и оптико-электронные системы позволяют отображать поверхность земли в видимом, инфракрасном и радиоволновом спектральных интервалах.

Эффективность дистанционных методов изучения земельных ресурсов определяется прежде всего геоинформативностью материалов аэрокосмических съемок. Результаты наблюдений различаются между собой в зависимости от систем, регистрирующих и передающих на наземные станции информацию о земле, вида носителей (космических или воздушных), соответствующей аппаратуры, средств обработки получаемых данных, природных особенностей поверхности (сезонных, метеорологических и др.) и целевого назначения съемки.

Главными, практически значимыми *преимуществами дистанционных методов* мониторинга земель являются следующие виды интеграции:

1) горизонтальная – получение на одном изображении больших участков земной поверхности;

2) вертикальная – получение на одном изображении кроме земли других компонентов ландшафта (лито-, гидро-, био- и атмосферы);

3) динамическая – получение одной регистрирующей системой последовательных изображений одной и той же территории через определенные промежутки времени.

Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь при содействии Национальной академии в последние годы осуществляется получение информации для более эффективного управления земельными ресурсами с белорусского космического аппарата. Данные с отечественного спутника используются с 2015 г. для создания, обновления и мониторинга государственных топографических и навигационных карт в Беларуси. Сотрудничество Госкомимущества и УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси осуществляется в соответствии с Положением о порядке планирования космических съемок, приема обработки, распространения и использования космической информации дистанционного зондирования Земли.

Изображения подразделяют на три категории в соответствии с уровнем их пространственной интеграции:

1) глобальные – снимки и спектры всей (или почти всей) освещенной части Земли;

2) региональные – охватывают значительные площади географических областей и стран;

3) локальные – дают представление о земной поверхности в отельных регионах и ландшафтах.

Сканируюшими системами, установленными на летательных аппаратах, можно проводить учет пахотных, луговых или других видом земель и изучать земельные и иные природные ресурсы, распознавать и прогнозировать изменения в состоянии земель, локализовать и измерять очаги распространения различных негативных факторов в использовании земель, выявлять лесные пожары и другие стихийные явления На основе дистанционного зондирования можно измерить поток энергии входящей в экосистему и выходящей из нее (соотношение поглощенной и отраженной радиации), получить данные о распространении и статистических параметрах растительности (высота деревьев, количество растений) в зонах, где нет наземного контроля.

При съемках и картографировании состояния земель возможно изучение развития водной и ветровой эрозии, засоления, заболачивания, подтопления, затопления, иссушения, переуплотнения, зарастания и других негативных явлений, ухудшающих качественное состояние земель, особенно сельскохозяйственного назначения.

Система дистанционных наблюдений и соответствующей техники позволяет отслеживать особо опасные воздействия на землю: обнаруживать и идентифицировать специфические загрязнители в почве, классифицировать их, измерять изменение концентраций загрязнений через определенное время, контролировать источники, движение и судьбу загрязнений, определять влияние загрязнений на землю, чувствительность земель к деградации и др.

Аэрокосмические наблюдения обеспечивают получение высококачественной и оперативной информации об экологической ситуации изучаемой территории. Однако космические изображения пока имеют сравнительно низкое разрешение объектов на местности, что определяет их использование в комплексе с аэрофотоснимками

Следует учитывать, что перед объективом лишь одного белорусского космического спутника территория Беларуси находится не более 3 % времени. Более того, безоблачным небо бывает чуть более 20 дней в году, а потому не стоит всерьез рассчитывать на регулярное слежение в оптическом диапазоне за одними и теми же объектами, т. е. на системный, непрерывный мониторинг. Для того чтобы сделать дистанционное зондирование земной поверхности эффективным инструментом решения практических задач собственной национальной экономики, нужно одновременно развивать авиационный сегмент системы. Имея на борту

практически ту же аппаратуру, что и космический аппарат, воздушное судно может летать и под облаками.

Повторяемость получения дистанционной информации о земельных ресурсах может быть ежедекадной, ежемесячной, сезонной, годовой, через три–пять лет и более. В плановых обследованиях земельных ресурсов по большинству задач мониторинга не требуется большой оперативности получения космической информации. Однако следует учитывать, что в различных регионах возможны чрезвычайные ситуации, связанные как с природными, так и с антропогенными факторами. Это прежде всего аварийные ситуации на промышленных и перерабатывающих предприятиях, сопровождающиеся выбросами, загрязняющими воду и почву вредными веществами, лесные и торфяные пожары, оползни, ураганы, катастрофические паводки и наводнения, и другие негативные процессы, и явления, последствия которых – деградация земельных ресурсов и экономический ущерб. В этом случае при обследовании обстановки и оценке состояния земель требуется использование оперативной космической информации, поступающей с орбиты.

Космические и аэрофотоснимки отличаются также своей геоинформативностью – способностью передавать через фотоизображение ландшафтно-индикационные признаки динамики структуры и свойств земель. Существенное влияние на информативность дистанционных систем оказывают уровень генерализации фотоизображении, их разрешающая способность и спектральные характеристики. Для целей мониторинга применяются дистанционные системы регионального, локального и детального уровней генерализации, для каждого из которых характерны определенный масштаб, степень разрешения на местности и объем информации о динамике земель и окружающей среды.

При наблюдении из космоса основными индикаторами всех наблюдаемых процессов на снимках являются группы родов ландшафтов, для которых характерны самые общие параметры состояния земель: степень антропогенной освоенности, распаханности, лесистости территории. Основной рисунок космического изображения формируют морфологические системы, сочетающие комплексы крупных форм рельефа, группы растительных формаций, застроенные (освоенные) или находящиеся в естественном состоянии территории. Космические снимки обеспечивают районирование территорий по характеру и условиям развития различных антропогенных процессов на земной поверхности с выделением типичных ландшафтов, областей и оайонов по степени сельскохозяйственной осовенности, урбанизации, лесистости и другим

признакам использования земель.

Эффективность применения аэрокосмических методов в изучении динамики земель определяется совершенствованием приемов комплексного ландшафтно-индикационного анализа и дешифрования аэро- и космических снимков, расширением возможностей деления на снимках тех или иных участков земель, вовлекаемых в мониторинговый анализ, совершенствованием технических средств получения и обработки информации.

На *первой стадии дешифрирования* изучаются особенности рисунков фотоизображения типов или сочетаний земель. Прежде всего выделяются рисунки, образованные сочетанием контуров и соответствующие, обшей ландшафтной структуре территории. Затем намечаются внутриконтурные фоторисунки. Рисунки типизируются по сходному морфологическому строению, в результате чего все они оказываются сгруппированными по типам.

На *второй стадии дешифрирования* каждый из выделенных рисунков идентифицируется, т. е. определяется конкретное содержание контуров. В этом случае большую помощь оказывает анализ физиономических компонентов типов сочетаний земель, прежде всего на основе свойств рельефа и растительного покрова. Растительность, дешифрирующаяся в основном по аэрофотоснимкам, является важным признаком различных стадий проявления процессов заболачивания, в том числе вызванных антропогенным фактором.

Элементы хозяйственной деятельности в зависимости от степени влияния на природные комплексы создают специфический и в разных случаях неодинаковый рисунок на снимках. Отдельные антропогенные элементы (дороги, редкая мелиоративная сеть и др.), воздействующие на ландшафт крайне незначительно, не изменяют рисунка комплекса. Более существенное влияние оказывают распашка, вырубка (посадка) леса, гари, мелиоративные системы и др. Такие элементы формируют внешний облик антропогенных видов ландшафта, видоизменяя рисунок фотоизображения природных комплексов в ранге фаций и урочищ.

Дистанционный способ наблюдения позволяет обнаружить также и высотные колебания земной поверхности, например при распознавании карстовых процессов.

Аэрокосмические снимки дают разнообразную и ценную информацию, касающуюся прямых и косвенных индикаторов распространения на земной поверхности овражно-балочных явлений, оползневых и эрозионно-аккумулятивных процессов. Особого рассмотрения заслужива-

ет информация снимков, указывающая на зарождение или начальные стадии развития процессов, связанных с потенциальной опасностью для использования земель или с разрушительными явлениями. Подобные индикаторы процессов обычно отсутствуют на топографических картах и распознаются лишь при дешифрировании достаточно крупномасштабных изображений. В подобных случаях используются косвенные признаки дешифрирования – изменения в структуре почвенного покрова.

Индикаторы *влажности почв* фиксируются на снимках видимого, теплового и микроволнового диапазонов спектра. Изучение стабильных границ увлажнения почв позволяет определять площади гидроморфных почв, заболачивания и подтопления, а оперативные наблюдения за влажностью в весенний период помогают оценить запасы воды в почвах в интересах сельского хозяйства.

Эродированность почв приводит к сокращению или полному уничтожению наиболее плодородного гумусового горизонта, имеющего низкие значения коэффициентов спектральной яркости. С этим связано осветление эродированных и дефлированных почв на снимках. Осветленные ареалы почв обычно видны среди пахотных земель на вершинах холмов и вблизи бровок коренных склонов. Слабая эродированность влияет лишь на тон изображения. При более активной эрозии появление борозд, промоин и мелких оврагов приводит к образованию на снимках элементов тонкополосчатой либо струйчатой структуры.

В основе обработки космической информации при составлении тематических карт состояния земель в дешифрировании используются преимущественно ландшафтно-индикационные методы. Технологическая схема обработки информации (рис. 2.3) состоит из следующих основных этапов:

♦ подготовительный – сбор и анализ фондовой картографической реформации об использовании земель, почвенном покрове, характере использования земельных ресурсов, ландшафтно-экологических условиях и др., изучение научно-технических отчетов, статистических данных по использованию земель, разработка программы выполнения работ;

♦ первичная обработка космической информации – получение, географическая привязка, анализ информативности используемых материалов космической съемки, выбор оптимальных зон спектра съемки, фото- и радиометрическая коррекция;

Рис. 2.3. Технологическая схема картографирования, оценки состояния земель и ведения мониторинга

♦ создание планово-картографической основы для составления тематических карт, сшивка мозаик изображений, изготовление цифровых фотопланов, ортофотопланов;

♦ тематическое дешифрирование с использованием визуальных и инструментальных методов, основанных на применении современных программно-технических комплексов;

♦ интерпретация результатов дешифрирования и данных наземного обеспечения, полученных в ходе полевых рекогносцировочных маршрутных обследований, режимных наблюдений на ключевых участках, лабораторных исследований, а также фондовых картографических и отчетных материалов;

♦ создание цифровых тематических картографических материалов с использованием ГИС-технологий и подготовка пояснительных записок,

отчетов и распечаток цифровых тематических карт на твердых носителях.

Из всех дистанционных методов при мониторинге земель успешно применяются многозональная аэрофотосъемка (АФС) и многозональная аэрокосмическая фотосъемка (АКФС).

Снимки выполняются в различных диапазонах спектра и в итоге получают своеобразный «спектральный образ» того или иного объекта на поверхности земли (почв, поверхностных грунтов, асфальтовых покрытий, инженерных сооружений, водной поверхности и др.). Автоматизированное дешифрирование АФС или АКФС и последующий их анализ позволяют в конечном итоге получить большую информацию о состоянии и изменении земель.

Комплекс автоматического дешифрирования создан на базе ЭВМ и, помимо компьютера, включает в себя видеопроцессор с видеопамятью, устройство ввода-вывода изображений, печатающее устройство. Подобная система позволяет, кроме изучения фактического состояния земельных участков, решать в автоматизированном режиме целый ряд задач инвентаризационного, оценочного, динамического и прогнозного характера. В частности, с ее помощью можно исследовать развитие различных неблагоприятных процессов, оценивать их интенсивность, изучать (путем наложения снимков) динамику изменений, происходящих на поверхности земли, составлять прогнозы на базе моделирования, выявлять тенденции, темпы и динамику развития тех или иных процессов.

Среди дистанционных и наземных методов наблюдения особое место занимает *тепловая съемка*, выполняемая в различных диапазонах инфракрасной области электромагнитного спектра. При этом регистрируется в основном собственное тепловое излучение, интенсивность которого определяется температурой и состоянием излучаемой поверхности. Теплота является конечной формой рассеяния энергии, поэтому разные виды техногенного влияния на отдельные участки (в первую очередь на застроенных территориях) находят отражение в тепловом поле земной поверхности.

Тепловое поле земной поверхности отличается высокой временной и пространственной изменчивостью, так как формируется под влиянием ряда природных и антропогенных факторов, которые трудно поддаются учету. В связи с этим в большинстве случаев, по данным тепловой съемки нельзя однозначно судить непосредственно о состоянии земель на территориях городов. Тепловая съемка дает хорошие результаты для обнаружения таких техногенных воздействий, как сбросы загрязнений,

выбросы загрязнений в атмосферу, утечки из различных накопителей жидких отходов, из оросительных систем, надземных и подземных коммуникаций (а том числе теплосетей), очаги самовозгорания в толще накоплений различного горючего материала и др. В этом плане при изучении состояния отдельных земельных участках и объектов недвижимости перспективно использование *тепловидения* как одного из современных методов, позволяющего визуального зарегистрировать температуру путем замеров инфракрасными лучами и преобразовать полученные данные в сопоставимое изображение По мере развития девелопмента недвижимости (оказание специальных услуг и осуществление мер по улучшению потребительских свойств объектов, включая их подготовку к эксплуатации и реализации) опенка отдельных технико-экономических и экологических параметров включает и *теплоаудит* – проверку зданий, сооружений и помещений на предмет правильного функционирования тепловой системы. Результатом теплоаудита является получение термограммы – изображения объекта в инфракрасном спектре, которое показывает картину распределения температурных полей.

Радиолокационная съемка позволяет получать изображения местности с помощью радиолокационной аппаратуры, устанавливаемой на летательных аппаратах. Может проводиться в сложных метеорологических условиях и в любое время суток, а также применяться для изучения объектов, закрытых снегом, растительностью, рыхлыми отложениями и др. Такая съемка дает дополнительную информацию, отсутствующую на фотографиях, и позволяет получить более обширную информацию, чем тепловая. Однако главное преимущество заключается в возможности применения этого метода наблюдении за изменениями влажности поверхностного слоя грунтов и почв и положения уровня грунтовых вод. В связи с этим в системе мониторинга этот метод особенно эффективен для контроля тех техногенных воздействий, которые влияют на режим влажности почв и уровень поверхности грунтовых вод.

Рассмотренные дистанционные методы наблюдений позволяют в основном контролировать динамику процессов, происходящих на поверхности земли, в почве и в самой верхней части грунта. Если необходимы наблюдения за процессами, происходящими в толще пород, то для этого используются различные дистанционные *геофизические методы исследований.* Успешное применение геофизических методов наблюдений в системе мониторинга обеспечивается тщательным продумыванием и обоснованием схемы измерений, рациональным комплексом методов, надежными методами обработки информации. Большим

преимуществом геофизических методов наблюдений в системе мониторинга является возможность получения непрерывной режимной информации по ряду процессов в ходе инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий.

Для целей мониторинга земель выполняется комплекс *геодезических работ,* включающих различные съемки и изыскания, которые позволяют отслеживать изменение наиболее существенных параметров и свойств земной поверхности. На территории Беларуси специализированными организациями по лицензиям Государственного комитета по имуществу выполняется целый ряд наземных геодезических съемок, которые можно рассматривать в качестве самостоятельных способов наблюдения.

Для получения надежных и достоверных геодезических наблюдений создается и развивается государственная геодезическая плановая и высотная сеть, включая сети сгущения (полигонометрия, триангуляция, нивелирование). Такая сеть позволяет безошибочно осуществлять повторные наблюдения за динамичными объектами и явлениями. В частности, на основании геодезических данных можно исследовать динамику местоположения государственной границы, административных границ областей и районов, любых других границ в системах территориального, правового, хозяйственного и иного деления. На основании работ по установлению (восстановлению) границ земельных участков собственников, землевладельцев и землепользователей, а также охраняемых территорий формируется пространственная сеть практически всех объектов мониторинга земель.

Геодезические съемки (и последующее картографирование результатов наблюдения) выполняются при земле- и лесоустроительных работах, геологических, гидрографических, гидрометеорологических, мелиоративных, агролесомелиоративных, лесотехнических, торфотехнических изысканиях. Специальные съемки выполняются также при изысканиях трасс линейных сооружений, наблюдениях деформаций инженерных сооружений.

Точные геодезические съемки позволяют также фиксировать все, даже самые незначительные изменения в местоположении различных зданий и сооружений (включая местоположение охранных зон вокруг и вдоль их) на земной поверхности.

В инженерных изысканиям существует понятие *геодезического мониторинга строящегося объекта и окружающей застройки,* который призван выявить равномерность осадок точек сооружения. Наблюдение

за деформациями зданий и сооружений проводится геометрическим нивелированием по контрольным точкам на сооружении (деформационным маркам) относительно нескольких исходных пунктов, расположенных вне зоны возможных деформаций. Для геодезического мониторинга также могут применяться гипсовые маяки, которые устанавливают на раскрывшихся трещинах для наблюдения за развитием деформаций. Как правило, основные геодезические работы при наблюдении за деформациями зданий и сооружений это геометрическое нивелирование 2-го и 1-го классов точности по осадочным маркам последующая математическая обработка результатов измерений, вычисление отметок деформационных марок в циклах наблюдений и вычисление осадок за цикл. Геодезические фирмы, выполняющие зги работы, должны быть оснащены высокоточным измерительным оборудованием.

Особая точность измерений важна и для транспортных объектов, так как они относятся к особо важным и ответственным инженерным сооружениям и подлежат постоянному наблюдению и периодическое обследованию. Такие же требования касаются и их защитных сооружений. В ходе эксплуатации само линейное сооружение может изменять свое положение (крен, сдвиг, перекос и просадка). Это возможно из-за усталостного разрушения элементов конструкции сооружения, внешних воздействий и нарушения режима работы грунтов основания.

Особенно важно осуществлять наблюдения за изменением планом и высотных параметров объектов, которые признаются потенциально экологически опасными: промышленных предприятий, электростанций, портов, аэродромов, животноводческих ферм, различных гидросооружений.

В состав инженерно-геодезических работ в процессе наблюдении эксплуатацией различных объектов и сооружений входят:

♦ контрольные исполнительные геодезические съемки планового и высотного положения зданий (сооружений) и инженерных коммуникаций;

♦ наблюдения за осадками и деформациями зданий и сооружений, земной поверхности, в том числе при выполнении локального мониторинга за опасными природными и техногенными процессами,

♦ специальные инженерно-геодезические обмерные работы (в том числе фасадная съемка) по определению геометрических размеров элементов зданий, сооружений, технологических установок, архитектурных и градостроительных форм;

♦ контроль точности геометрических параметров сооружений.

Геодезические наблюдения осуществляются при обследовании технического состояния зданий и сооружений: фундаментов, несущих и ограждающих конструкций, узлов и деталей, инженерных коммуникаций.

Аналогичные наблюдения необходимы для поэтажной съемки внутренних помещений зданий и сооружений. Они выполняются в масштабе 1:50–1:100 с определением характерных высотных отметок для целей капитального ремонта, реконструкции, расширения, технического перевооружения. По результатам пространственной тахеометрической съемки составляются любые требуемые поэтажные планы, разрезы и сечения. Для получения трехмерной модели объекта в реальном времени используется технология лазерного сканирования, основанная на применении уникального цифрового оборудования и специализированного программного обеспечения.

Важным информативным показателем при наблюдении территориальных объектов является определение *географических (геодезических) центров.* Географические или геодезические центры территориальных образований не всегда совпадают с административным центром, и чем больше такое несовпадение, тем хуже управляемость соответствующей территорией. В связи с этим наблюдение за изменением местоположения как геодезического, так и административного центр; становится одним из необходимых видов работ в решении проблем совершенствования административно-территориального и территориального деления.

Картографический метод наблюдения. Наблюдение за состоянием земель с использованием карт предполагает наличие планово-картографического материала, полученного при выполнении специальных картографических и картоиздательских работ государственного и специального назначения на одной и той же территории в разное время.

Для многофункциональных целей (в том числе для мониторинга земель) составляются, обновляются, готовятся к изданию, тиражируются (как в графическом, так и в цифровом, электронном виде) топографические карты различного масштаба.

Используя общегеографические, специальные ландшафтные, кадастровые карты и планы, а также картагрофические документы для различных административно-территориальных и территориальных единиц, городов, других населенных пунктов и их частей, в том числе различным тематическим содержанием.

Основной способ использования картографических материалов для целей мониторинга – *сравнение содержание разновременных карт и*

планов, которые желательно составлять в одинаковой проекции и в одном и том же масштабе. Процесс мониторингового наблюдения с помощью карт связан с получением различных данных, имеющихся на картографическом изображении. Существует множество карто- и морфометрических показателей, методов и приборов для количественных определений по картам. К сфере картометрии относят измерения по картам, плановых координат объектов, аппликат (высот, глубин, мощностей), длин, расстояний, площадей плоских поверхностей и поверхностей более высоких порядков, объемов, горизонтальных и вертикальных углов и направлений. В задачи картометрии входит также оценка точности измерений с учетом масштаба и проекции карты.

Морфометрия изучает и разрабатывает способы количественной оценки по картам форм и структур объектов. К основным морфометрическим показателям принадлежат характеристики формы, плотности, концентрации объектов, глубины и густоты расчленения. Морфометрические показатели, как правило, относительны, для их вычисления используют абсолютные картометрические величины. Множественность карто- и морфометрических показателей объясняется разнообразием сфер их применения практически во всех науках о Земле, различиями территорий, где ведутся исследования, и разнообразием самих картографических источников.

Современное развитие графоаналитических приемов идет преимущественно по двум направлениям. Одно из них связано с разработкой комплексных морфометрических показателей синтетического характера, таких, например, как коэффициент общего расчленения территории или показатель сложности ландшафтной структуры. Это требует установления сложных эмпирических зависимостей и нередко трудоемких расчетов. Другое направление предполагает упрощение известных способов измерения и исчисления количественных величин по картам, т. е. трудоемкие непосредственные измерения заменяются более простыми косвенными. Это приводит к внедрению статистических приемов, позволяющих быстро и достаточно получать количественные показатели для обширных территорий.

Картографическое наблюдение включает четыре этапа:

1) постановку задачи;

2) подготовку к наблюдению (исследованию карт или планов);

3) собственно наблюдение;

4) интерпретацию полученным результатов.

Исследование по картам начинается с содержательного

формулирования задачи, при этом всегда необходимо предпринять две операции: «перевести» мониторинговую задачу в картографическую форму и установить требования к точности ее решения. Картографическая постановка задачи – это выбор путей и принципов использования картографической информации. Одновременно задают качественные и количественные критерии точности, которые определяются сущностью задач и подзадач.

Подготовка к исследованию начинается с выбора картографических источников и технических средств. Подбирая карты, оценивают их полноту, точность, современность, степень генерализации, взаимную дополняемость и согласование. Нужно иметь полное представление о математической основе, в первую очередь о картографических проекциях и возникающих за их счет искажениях длин, площадей, форм, направлений. Желательно знать пределы погрешностей положения объектов на картах, возможную точность измерений, зависящую от масштаба и степени генерализации. Иными словами, нужно установить, удовлетворяют ли карты данного масштаба требованиям, предъявляемым к точности мониторинговых исследований. Часто целесообразно идти от обратного, т. е. подбирать карты такого масштаба, который бы обеспечивал необходимую точность, например предельную относительную погрешность измерения площадей не более 5 %. Очень важно знать степень согласованности карт, составленных для одной и той же территории. Итог подготовительного этапа – определение процедуры (алгоритма) исследования. Должно быть точно установлено, каким образом – сплошным, ключевым, выборочным по профилям или по точкам – будут сняты с карт исходные данные, какова последовательность операций, какие преобразования картографического изображения и в каком порядке должны быть выполнены. Картографический анализ осуществляется, как правило, путем последовательных приближений постепенной «отладки» отдельных этапов и операций.

Интерпретация результатов – завершающий и самый ответственный этап исследования. Он начинается с оценки точности составленных карт, графиков, таблиц, уравнений. Суть интерпретации – в установлении соответствия между формализованными данными, добытыми по результатам картографического анализа, и некоторой системой фактов. Закономерностей и содержательных концепций. Исходя из этого интерпретация всегда опирается на априорные знания и понимание изучаемого объекта, и чем глубже проникновение в его суть, тем она богаче. На всех этапах исследования по картам необходим тщательный учет

географических (геологических и др.) особенностей изучаемого явления, характера его пространственного распространения. От этого зависит и постановка задач, и требования к точности, и применение технических средств – словом, вся процедура исследования. Промежуточные опенки тоже постоянно соотносятся с географической ситуацией, но более всего такое соотнесение необходимо на этапе интерпретации.

Если речь идет о районах с очень разными географическими условиями, то нужно предварительно районировать территорию по применимости различных приемов анализа карт. Например, для наблюдения за эрозионными процессами на возвышенных, резко расчлененных денудационных равнинах целесообразнее составлять карты глубины и густоты расчленения, выделять спрямленные элементы рельефа, а для слаборасчлененных низменностей более эффективен общий анализ орографии, рисунка гидрографической сети. Районирование территории по применимости разных видов картографического анализа – условие объективной содержательной интерпретации. Таким образом, исследование по картам – это сложный процесс, отличающийся системной организацией и опирающийся на содержательную интерпретацию получаемых результатов.

Картографический анализ наиболее эффективен при выявлении пространственных закономерностей, т. е. объективно существующих, широко (или даже повсеместно) проявляющихся устойчивых структур. Картографическая модель, обладающая большой обзорностью, как бы специально предназначена для того, чтобы отражать именно закономерности размещения объектов и явлений. В высшей степени этому способствует и генерализация, освобождающая изображение от мелочей и деталей и выпукло проявляющая главные, существенные черт.

Целостное представление о земельных ресурсах, ландшафтах и происходящих в них процессах может дать только картографическое изображение, а обращение к современным *географическим информационным системам* (ГИС) для его получения становится обязательным требованием в ведении мониторинга. Это обусловлено тем, что уже нельзя обойтись без компьютерных технологий при соблюдении условия оперативности обработки и передачи информации. Под ГИС понимается информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, отображение и распространение пространственных данных. Возможности и функции ГИС позволяют выполнять практически все функции мониторинга (сбор, передачу, обработку, анализ, хранение и документирование информации) в камеральных условиях, сокращая тем самым

время и расходы па полевые исследования.

Геоинформационпые технологии обеспечивают широкое использование приемов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации в управлении земельными ресурсами, землеустройстве, планировании землепользования, т. е. реализацию функциональных возможностей геоинформационных систем. Применение информационных технологий для обработки картографических и аэрокосмических данных позволяет интегрировать пространственный земельно-ресурсный и ландшафтно-экологический анализ, методы математического моделирования и компьютерного картографирования.

Для мониторинговых наблюдений широко используется созданная в Республике Беларусь геоинформационная система в среде ArcView, дозволяющая визуально представлять информацию таким образом, что становятся очевидными отношения, свойства и тенденции пространственных объектов, которые нельзя заметить посредством использования текстовых файлов, электронных таблиц и традиционных баз данных. Эта электронная система связывает объекты на карте с информацией (базой данных) об этих объектах (атрибутах). Такая связь является основным принципом работы системы и главным фактором ее эффективности. Благодаря связи объектов карты и атрибутов в процессе мониторинга обеспечивается доступ к атрибутам любого объекта, имеется возможность определить местоположение и другие характеристики любого объекта по его атрибутам.

Представляемые на карте элементы природного и антропогенного происхождения имеют свое местоположение, присущую им форму, а также символы, которые представляют одну или более характерных особенностей данного объекта.

База данных конкретного земельного участка включает сведения о его адресе, кадастровом номере, имени владельца и другие характерные сведения. ГИС связывает набор объектов и их атрибутов в одну функциональную единицу, которая называется темой. Тема – это совокупность географических объектов, например дорог, рек, участков или природных достопримечательностей, наряду с атрибутами для этих объектов. Набор тем для одной географической области образует базу данных ГИС, которой и пользуются в процессе мониторингового наблюдения, а затем для анализа и изучения результатов наблюдения.

Статистические методы наблюдения. *Статистическое наблюдение* в решении мониторинговых задач – массовое, планомерное, научно

организационное наблюдение за состоянием земель, заключающееся в регистрации отобранных признаков и свойств у каждой единицы статистической совокупности. В качестве единиц статистической совокупности выступают конкретные объекту мониторинга, которые в свою очередь могут делиться на отдельные территориальные элементы.

К собранным данным в результате статистического наблюдения предъявляются следующие требования:

♦ достоверность, т. е. соответствие реальной действительности и техническая (измерительная) точность;

♦ полнота (полнота охвата пространственного, временного и наиболее существенных сторон явления);

♦ сопоставимость (единообразие);

♦ своевременность;

♦ экономичность.

Для целей мониторинга используются такие формы статистического наблюдения, как отчетность и специально организованное статистическое наблюдение.

Из установленной государством обязательной, документально обоснованной отчетности используется разнообразная земельно-кадастровая (а также данные других кадастров), природоохранная, экономико-статистическая, демографическая, картографо-геодезическая и иная отчетность, где фиксируются данные о тех или иных аспектах использования земель. Пригодна для решения соответствующих мониторинговых задач как годовая, так и периодическая отчетность. Инструментарием для проведения статистического наблюдения чаще всего выступает государственный статистический учет земель в виде специальных отчетных документов № 22-зем «Отчет о наличии и распределении темель».

Отчет заполняется на основании данных государственного земельного кадастра, содержащихся в государственных земельно-кадастровых книгах, на кадастровых картах (планах), в электронной базе данных реестра земельных ресурсов (или экспликации землепользования). Отчет включает в себя пять основных разделов. В разделе 1 «Наличие и распределении земель по их видам и категориям землепользователей» земли дифференцируются по категориям землепользователей, сформированным с основного вида экономической деятельности, и общности целей предоставления им земли. При этом первоначальной территориальной единицей отчета является отдельное землепользование, под которым понимается один или несколько земельных участков, одному

землепользователю для одной цели. На основании данных раздела 1 заполняются все следующие разделы отчета: 2 «Перераспределение земель по категориям землепользователей», 3 «Перераспределение земель по их видам», 4 «Перераспределение земель по формам собственности и видам прав на землю», 5 «Перераспределение сельскохозяйственных земель».

К *специально организованным статистическим наблюдениям* относятся переписка, единовременные учеты, переоценки, обследования сплошного и несплошного характера.

По охвату единиц наблюдения различают сплошной и несплошной вид статистического наблюдения. *Сплошное статистическое наблюдение* охватывает все единицы статистической совокупности (объекты мониторинга), *несплошное статистическое наблюдение* – лишь часть единиц.

В целях экономии затрат на проведение мониторинговых работ могут применяться следующие разновидности несплошного статистического наблюдения:

♦ обследование основного массива – это статистическое наблюдение за частью самых крупных по площади объектов (статистических единиц);

♦ выборочное статистическое наблюдение предусматривает специальные методы отбора и формирования изучаемой части статистической совокупности (выборочной совокупности);

♦ монографическое обследование – подробное описание отдельных типичных единиц в статистической совокупности.

По времени проведения на практике выделяют следующие виды наблюдения:

♦ непрерывное (текущее) статистическое наблюдение – статистическая регистрация фактов по мере их возникновения;

♦ единовременное статистическое наблюдение – регистрация фактов по мере возникновения потребности в их сборе;

♦ периодическое статистическое наблюдение – статистическое наблюдение, проводимое через определенные промежутки (периоды) времени.

По источникам сведений различают:

♦ непосредственное статистическое наблюдение, проводится путем подсчета, измерения (обмера), взвешивания и регистрации признаков у статистической совокупности;

♦ документальное статистическое наблюдение осуществляется на

основе первичных документов;

♦ опрос, или анкетный способ, – социологический метод наблюдения, который для целей мониторинг применяется крайне редко.

В качестве единиц наблюдения выступают все статистические единицы, относящиеся к объектам мониторинга: землевладения (землепользования), земельные участки, контуры, здания и постройки, административно-территориальные и территориальные единицы и др.

Обследования и изыскания как вид мониторингового наблюдения. Обследования и изыскания различаются между собой глубиной и детализацией изучаемых явлений. Изыскания требуют более тщательной подготовки и ведения натурных наблюдений, поскольку на основе изысканий решается судьба долговременных земельных участков и объектов недвижимости: сооружений, зданий, различных территориальных систем и комплексов. В свою очередь многие изыскания базируются на результатах ранее проведенных обследований и, по сути, они вместе и каждое по отдельности могут служить достаточным основанием для ведения мониторинга земель.

Большинство обследований и изысканий базируются на детальной изучении почвенного покрова или исследовании почв. Изучение почв в полевых условиях основано на знакомстве с их морфологические признаками с помощью специальных разрезов (шурфов, ям) различной глубины. Глубина ямы определяется назначением данного разреза (обычно разрезы делают глубиной 1,5–2 м и только в случае близкое залегания грунтовых вод ямы делают мельче). Глубокий разрез почвы позволяет установить не только ее тип, но и характер материнской породы, генезис, агрономические свойства.

Из основных разрезов берутся почвенные образцы согласно имеющимся генетическим горизонтам для дополнительного камерального просмотра и агрохимических анализов. Образцы берут и из материнской породы. Кроме глубоких разрезов, делают полуямы и прикопки Они предназначены для проверки установленного тина почвы, определения его границ, возможного изменения гранулометрического состава и т. д. Глубина полуям должна составлять 70–100 см, прикопок 30–60 см. Глубокие разрезы, полуямы описывают в дневнике; прикопки не описывают, о них делают только заметки. Местоположение разрезов, полуям, прикопок обозначают условными знаками на карте.

Важнейшими морфологическими признаками при описании разреза почвы являются дифференциация на горизонты, мощность почвенных горизонтов и глубина их залегания, состав и толщина пахотного слоя,

окраска, сложение, структура, включения, новообразования распространение корней, увлажнение почвы и характер почвообразующей породы.

Если почва покрыта естественной растительностью, ее описывают по особому трафарету (видовой состав, обилие, наличие ядовитых и вредных растений, производительность контура, хозяйственное состояние, мероприятия по улучшению травостоя). После тщательного морфологического описания и простейших химических определений берутся из разреза почвенные образцы для камерального просмотра и производства более сложных анализов.

При масштабе съемки 1:10000 один почвенный разрез делают примерно на 10 га. Полуям и прикопок делают в 2 раза больше, чем основных разрезов. Дополнительное взятие из них образцов дает возможность обследователю составить почвенную карту.

При составлении почвенной карты в качестве основы используется план с нанесенными на него видами земель и другой характерной нагрузкой (дорогами, реками, оврагами, селениями и др.). Желательно, чтобы на плане были горизонтали (топографическая съемка), что значительно облегчает почвенные обследования и делает работу исследователя более точной.

Имея плановую основу, обследователь заранее, не выходя в поле, намечает маршруты. При этом необходимо, чтобы ходы и профильные линии охватывали все основные элементы рельефа местности: водоразделы, склоны, балки, незаливаемые террасы рек, поймы и др. По намеченному плану проводят работу и в полевой обстановке с тем или иным отклонением от него по соображениям, возникшим в процессе съемки. Распространение тех или иных почв тесно связано с рельефом, поэтому чем сложнее рельеф, тем больше приходится прокладывать ходов, делать разрезов, полуям и прикопок.

Переход одной почвенной разности в другую в природе совершается постепенно, поэтому и линии, отделяющие одну почвенную разность от другой и нанесенные на план, в той или иной мере условны.

Большие затруднения в определении точности границ вызывают, например, смытые почвы. Проявление смыва начинается постепенно, слабосмытые почвы незаметно переходят в среднесмытые, а затем в сильносмытые. Границу раздела обследователю приходится устанавливать большим количеством прикопок при тщательном учете форм рельефа, растительного покрова, залегания горных пород. Нередко границы почвенных типов и разновидностей совпадают с границами

используемых земель, в преобладающем случае границы почвенных разновидностей идут параллельно линиям горизонталей. Только различие геологических отложений, степень окультуренности нарушают эту закономерность.

В последние годы на основе авторских почвенных карт создаются электронные почвенные карты с применением геоинформаиионных технологий и материалов космической съемки. Создание электронных карт производится с помощью высокоточных GPS-приемников, автоматических почвенных пробоотборников и специальных программных обеспечений. Если базовая топографическая карта (или создана карта полей) уже существует, то ее следует использовать при выполнении полевых работ и создании электронной почвенной карты.

Новые технологии позволяют отбирать почвенные пробы с высокой точностью в одном и том же месте из года в год, что позволяет корректно осуществлять мониторинг почвенных свойств. При формировании цифровой почвенной карты обычно выделяют следующие этапы: работа с материалами почвенного обследования с целью создания списков-классификаторов почв; обработка растровых изображений почвенной карты и космического снимка; привязка почвенной карты; векторизация почвенной карты с одновременной корректировкой по современному космическому снимку в специальных программах («Soil_Contour и др.); импорт данных в среду Mapinfo Professional (например, с использованием программы ArcMap 8.3); визуализация и аналитическая работа с полученными картографическими данными в среде ArcGIS.

Почвенные обследования в целях их практического использования заканчиваются выделением агропроизводственных групп почв для конкретных сельскохозяйственных организаций. Агропроизводственные группы – это производственно однородные или близкие к этому по природным свойствам участки земель на территории хозяйства, покрытые близкими по генезису и агрономическим свойствам почвами.

В основу агропроизводственной группировки почв положен генетико-производственный принцип, основанный преимущественном на их агрономических свойствах, которые непосредственно влияют на производительность.

При выделении этих агрогрупп учитывается возможность наиболее целесообразного размещения сельскохозяйственных культур по обустраиваемой территории или их экологически и биологически близких групп. Принимаются во внимание также общность агротехнических приемов *обработки* почв, однообразие в применении удобрений и

схожесть проведении различных видов мелиораций.

Агрохимическое обследование обычно включает в себя определение кислотности, подвижного фосфора, обменного калия, органического вещества, гидролитической кислотности, кальция, магния, степени насыщенности основаниями, а также микроэлементов, тяжелых металлов и радионуклидов.

Основными задачами агрохимического мониторинга состояния земель являются:

♦ своевременное выявление изменений состояния плодородия сельскохозяйственных земель;

♦ их оценка, прогноз на перспективу и принятие необходимых мер по сохранению и улучшению плодородия почв;

♦ разработка рекомендаций по эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения, предупреждению и устранению последствий негативных процессов.

Результаты агрохимического обследования необходимы для разработки технологий, рекомендаций и проектно-сметной документации по применению средств химизации, а также для научно обоснованного определения потребности и распределения минеральных удобрений на всех уровнях управления сельскохозяйственным производством, для сертификации почв земельных участков и грунтов, для кадастровой оценки земель.

Агрохимический анализ почвы (ее свойств) позволяет более рационально и экономно использовать дорогостоящие удобрения, повышая при этом уровень урожайности в сельскохозяйственных организациях. Кроме того, агрохимическое обследование почв позволяет минимизировать негативное влияние удобрений на окружающую среду за счет их более рационального использования. Целенаправленное воздействие на почву, обусловленное оптимальной ее обработкой, внесением органических и минеральных удобрений, проведением известкования и внесением в почву других химикатов в научно обоснованных дозах, формирует искусственное плодородие, которое в совокупности измеряется прибавкой урожайности сельхозкультур.

Для современного агрохимического обследования все чаще используется технология с пространственной привязкой мобильного автоматизированного комплекса, оснащенного GPS-приемником (например, Garmin), бортовым компьютером, автоматическим пробоотборником и специальным программным обеспечением. Современные технологии позволяют получать более точные карты пространственного

распространения агрохимических показателей внутри каждого поля.

Агрохимическое обследование выполняют, как правило, раз в пять лет. Рекомендуется каждый год между полноценными обследованиями выполнять исследования па наиболее репрезентативных участках в базовых хозяйствах (по этим данным можно актуализировать агрохимические обследования предыдущих лет).

Изыскания как вид мониторингового наблюдения представляют собой комплекс специальных технических, экономических и экологических обследований и работ, выполняемых для получения необходимых данных о земельных ресурсах в целях детализации и уточнения наблюдаемых характеристик. Чаще для целей мониторинга используются результаты уже проведенных изысканий, которые отражают те или иные свойства земельных участков (включая свойства объектов недвижимости, размещаемых на земле).

Существуют различные *виды изысканий.*

1. *Изыскания для целей мелиорации земель* – комплекс изыскательских работ для обоснования различных земельных улучшений, строительства инженерных сооружений, предназначенных для орошения или осушения. Они проводятся проектными организациями при проектировании соответствующих видов мелиорации. Материалы изысканий необходимы для выбора местоположения площадей мелиоративного воздействия, каналов, плотин и водохранилищ, уточнения площади водосбора, выяснения целесообразности и возможности переброски стока из соседних бассейнов и других целей. Объем и состав изысканий для проектов мелиорации зависят от размера орошаемой территории, природных условий, планируемого вида осушения или орошения и способа их проведения.

Мелиоративные изыскания делятся на рекогносцировочные и специальные. В результате *рекогносцировочных изысканий* выясняются условия отвода или подачи воды и её распределения по участку, границы возможного затопления территорий в период весеннего половодья и летних паводков рек, источники водного питания, способы осушения (орошения). Важно выявить характеристики существующих каналов, сооружений и дорог, условия производства и организации мелиоративных работ, закономерности геоморфологического строения территории и формирования почвенного и растительного покровов.

Специальные мелиоративные изыскания включают топографо-геодезические (обеспечивают составление топографических карт и планов), гидрологические (определяют гидрологический режим

источников водного питания почвенно-мелиоративные (почвенная съемка, изучение водно-физических свойств и условий почвы), геоботанические и культуртехнические (оценка видового состава растительности, выяснение причин заболачивания, определение продуктивности лугов, картирование границ геоботанических типов).

2. *Почвенно-мелиоративные обследования и изыскания* – работы, проводимые для изучения почвенного покрова, требующего улучшения и охраны. В процессе изысканий устанавливаются границы участков с характерными свойствами почв и определяются причины заболачивания, избыточного увлажнения территории, чрезмерного иссушения, развития процессов эрозии и другие факторы. Включают рекогносцировочные обследования, съемку, изучение водно-физических свойств и водно-солевого режима почвы, определение завалуненности и каменистости почвы, пнистости, агрохимических характеристик почвы, составление почвенно-мелиоративной карты. Основа съемочных картографических работ – топографическая карта, масштаб которой выбирается в зависимости от сложности почвенно-мелиоративных условий и способов мелиорации.

Для выявления и оценки мелиоративного состояния территории при ведении мониторинга земельного фонда проводится специальное агромелиоративное обследование, которое основывается на данных, характеризующих мелиоративное состояние земельного фонда. Термин «мелиоративное состояние территории» широко применяют, когда следует характеризовать состояние земель, рациональное использование которых связано с необходимостью предварительного проведения тех или иных видов мелиорации. В условиях Беларуси мелиоративное состояние земельного фонда устанавливают на основании данных, характеризующих:

♦ водный баланс корнеобитаемого слоя;

♦ виды и площадь земель, нуждающихся в проведении осушительных или оросительных мелиораций, и обеспеченность этих водоприемниками для самотечного осушения и водоисточниками для орошения;

♦ площадь земель, нуждающихся в защите от затопления из-за половодий и паводков или в связи со строительством водоподпорных вооружений;

♦ технические особенности поверхности, а также виды и площадь земель, требующих проведения культургехнических мероприятий; I

♦ виды и площадь земель, подверженных разным видам водной и ветровой эрозии, а также земель, расположенных в местах, где

возможно возникновение этих видов эрозии;

♦ рекреационную пригодность территории;

♦ пригодность болот для организации торфоразработок на подстилку, удобрение и топливо;

♦ создание земледельческих полей орошения для утилизации и очистки коммунально-бытовых и промышленных сточных вод;

♦ возможность использования речных долин, балок и выработанных карьеров для создания водохранилищ различного назначения;

♦ состояние и эффективность действия существующих мелиоративных систем, а также сооружений и устройств, связанных с использованием этих систем.

3. *Агромелиоративное обследование* можно проводить по маршрутам и сплошное. Маршруты прокладывают в направлении «водораздел – долина» с таким расчетом, чтобы охарактеризовать все выявленные территории фации – элементарные природные территориальные комплексы, на всем протяжении которых сохраняются литология поверхностных пород, характер рельефа и увлажнения, микроклимат, одна почвенная разность и один биоценоз. При обследовании малоизученных территорий маршруты, по которым предварительно фации не могут быть установлены, прокладывают через 5–10 км, а затем при необходимости их сгущают. Маршрутное обследование дополняют ключами, которые представляют собой сравнительно небольшие участи, закладываемые в наиболее характерных пунктах отдельных фаций. Исследование таких участков ведется в масштабе не мельче 1:10000.

Сплошное обследование заключается в изучении и описании всех отраженных на картах землепользований контуров видов земель (угодий). Сплошное обследование, несмотря на некоторое увеличение стоимости работ, позволяет более правильно провести качественную оценку земель мелиоративного фонда и выявить его особенности. Отпадает необходимость в проведении подобных работ, неизбежных при любом другом способе агромелиоративного изучения территории, повторно.

Крупные массивы болот и заболоченных земель, а также крупные массивы земель, нуждающихся в орошении, обследуют сразу и обязательно одной группой специалистов независимо от того, где они расположены (в одном или нескольких административных районах) и как распределяются по землепользователям. В этих целях используют в начале обследований карту, масштаб которой должен быть 1:25000 или 1:50000.

Чтобы обеспечить высокое качество агромелиоративного обследования для целей мониторинга, в состав группы исполнителей включают кроме землеустроителей мелиоратора, гидрогеолога, почвоведа, геоботаника и агронома-экономиста.

В результате обследования определяются приуроченность описываемых контуров к элементам макрорельефа, организационно-экономические условия (удаленность от хозяйственного центра, пути сообщения, состав хозяйственных построек и пр.) и современное хозяйственное использование. Дается характеристика рельефа поверхности, почвенно-растительного покрова и подстилающих материнских пород, технические особенности поверхности. Уточняются также источники водного питания и характер водного режима корнеобитаемого слоя по периодам в годы нормальной, повышенной и низкой увлажненности. Для участков, нуждающихся в осушении, устанавливают причины заболачивания или возникновения временной избыточной увлажненности, а также тип и удаленность водоприемников, и их пригодность для самотечного осушения. Одновременно характеризуют возможные источники орошения и качество воды в них.

При изучении торфяных почв дополнительно определяют ботанический состав, степень разложения, зольность торфа, наличие прослоек вивианита, мергеля, железа, а также пнистость торфозалежи. Для более детальной характеристики мощности торфа и очеса, выявления пней и минеральных прослоек производят зондирование торфяных почв. Изучают смытые и намытые почвы. Исследование водно-физических свойств почв проводят после выполнения почвенной съемки и отбора образцов. По результатам анализов образцов составляют почвенные карты, картограммы кислотности и известкования, агрохимические картограммы.

4. *Природоохранные изыскания* – это комплекс специальных работ с целью получения исходных данных для разработки природоохранных мероприятий в проектах организации территории, застройки, мелиорации. Выполняются соответствующими проектными организациями для всех стадий проектирования. Наиболее полно проводятся для составления схем и перспективных планов с целью планирования мероприятий по рациональному использованию и охране природных ресурсов. На последующих стадиях (проект, рабочий проект, рабочая документация) результаты изысканий уточняются и детализируются. Полученные результаты являются основой для разработки рекомендаций по охране окружающей среды.

Объектами изысканий являются участки земель с характерными свойствами растительного и животного мира, почв, водных ресурсов, а также ландшафт в целом и другие компоненты природной среды. Основные сведения собирают непосредственно в полевых условиях, дополняют данными Красной книги, сведениями территориальных органов Министерства природным ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, исполкомов местных органов власти, органов надзора, НИИ и других организаций. В процессе изысканий определяют противоэрозионную устойчивость почв, химический состав волы в водных источниках, наличие видов животных, места их обитания, миграцию, кормовую базу. Одновременно оценивается состояние растительности, определяются места обитания ее ценных видов, подлежащих охране, целесообразность ликвидации древесно-кустарниковой растительности для освоения территории, наличие природных ресурсов и целесообразность их разработки с позиции охраны окружающей среды. Важное место отводится изучению ландшафтов с точки зрения их рационального использования в хозяйственных целях. В процессе изысканий обосновывается необходимость сохранения памятников природы, истории и культуры, возможность создания особо охраняемых территорий.

5. *Геоботанические и культуртехнические изыскания* – полевые работы, проводимые для определения качественной и количественной характеристик растительного покрова, технического состояния поверхности. Они проводятся для комплексной оценки обследуемой территории. Геоботаническое изучение и описание травостоя ведут на типичных делянках площадью в 1 м^2. По результатам изучения дается заключение о дальнейшем использовании травостоя или необходимости его поверхностного или коренного улучшения. Культуртехнические изыскания включают описание породного состава, возраста, высоты, диаметра и густоты деревьев и кустарника, состояния мохового покрова и дернины. Описание древесной и кустарниковой растительности производят на типовых участках площадью 100 м^2. Определяется также объем поверхностных и погребенных камней (в слое почвы до 0,5 м), погребенной древесины в торфяных почвах, количество пней на вырубках по диаметру и возрасту, объем валежника, дается характеристика кочек, карьеров, ям, остатков старых сооружений и т. п. Результаты изысканий позволяют прогнозировать степень переувлажненности почв, качественное состояние луговых земель, определять объемы инженерной подготовки территории, решать другие задачи по использованию земель, занятых

растительностью. На основе материалов геоботанических и культуртехнических изысканий составляют полевую культуртехническую карту, на которую наносят контуры растительных ассоциаций и приводят их характеристики.

6. *Инженерно-геологические изыскания* проводятся на участках, предназначенных для строительства различных сооружений, зданий. В результате определяется состояние грунтов (механический состав, уровень залегания и режим подземных вод, химический состав грунтовых вод, наличие торфа, просадочных явлений). В состав этих изысканий входят сбор, анализ и обобщение фондовых и архивных данных о природных условиях изучаемой территории, специальные рекогносцировки, съемка и разведка. При этом используют геофизические методы изысканий, динамическое зондирование, статическое зондирование и другие методы.

На основе полученных материалов выделяют площади, требующие осушения, разграничивают участки по типам и очередности строительства различных объектов (зданий, трасс каналов, плотин, прудов и водохранилищ и др.). Определяется возможность разработки мероприятий по борьбе с оползнями, фильтрацией из водохранилищ, переработкой берегов, подпором грунтовых вод и подтоплением прилегающих территорий.

7. *Агроэкономические изыскания* составляют работы, включающие сбор и анализ природных и экономических данных при разработке соответствующих разделов проектов землеустройства, мелиорации земель, водохозяйственного строительства. Служат для обоснования эффективности и экономической целесообразности запроектированных мероприятий при сельскохозяйственном освоении и улучшении земель. Они могут выполняться как в составе комплексных инженерных изысканий, так и самостоятельно соответствующей проектной организацией.

Полевые опыты как метод наблюдения за состоянием земель. В связи с многообразием и сложностью природных и эколого-экономических условий многие возможные формы, приемы и методы хозяйственного использования земель не всегда оказываются наилучшими для данного типа ландшафта или землепользования. По этой причине новые технологии, приемы и методы нужно не просто внедрять в производство, а предварительно испытывать, дополнительно изучать и совершенствовать в соответствии с местными особенностями. Для этого в отдельных сельскохозяйственных организациях проводятся полевые

опыты, содержание и результаты которых могут быть самостоятельным предметом мониторинга земель.

Полевой сельскохозяйственный опыт – исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке для оценки действия различных факторов и условий (сортов, технологий, полезащитных приемов), на урожай растения и его качество. Полевые опыты проводятся на делянках определенного размера и формы.

Полевые опыты принято разделять на три вида:

1) опыты-пробы;

2) точные сравнительные полевые опыты

3) демонстрационные или показательные опыты.

Все они должны быть по возможности простыми по технике постановки и методике проведения, а также техники уборки и учета урожая. Вместе с тем опыты в хозяйствах должны обеспечивать получение достоверных данных.

В ряде сельхозорганизаций проводятся так называемые *опыты-пробы*, которые являются широкодоступным методом поиска нового, что может быть в последующем использовано для совершенствования производства. Для этого на небольших делянках испытывают различия, в сочетание сортов, способов, технологических приемов и осуществляют визуальное наблюдение за ростом и развитием растений. Предварительный учет урожая в этих опытах позволяет отобрать такое их сочетание, которое заслуживает внимания для более глубокого изучения и всесторонней оценки в сравнительных полевых опытах. Таким образом, опыты-пробы дают возможность наметить перспективные направления исследований и обосновать необходимость изучения недостаточно ясных вопросов.

Точные сравнительные полевые опыты по разработке дифференцированной агротехники, испытанию новых приемов и агрокомплексов проводят в соответствии с основными требованиями методики полевого опыта: с соблюдением принципа единственного различия, в типичных почвенных и хозяйственных условиях, на сравнительно однородных по плодородию земельных участках с известной предшествующей историей. Полевые опыты сопровождаются особенно тщательным учетом урожая, так как в производственной обстановке до минимума сокращаются количественные наблюдения за факторами внешней среды и растениями, и урожай является по существу единственным критерием оценки эффективности изучаемых приемов.

Земельные участки под точные полевые опыты выбирают в полях

севооборотов за год, а по возможности за два года до закладки опытов. Участки должны быть типичными по почвенному покрову, достаточно однородными по плодородию и характеризоваться одинаковым хозяйственным использованием. Для этих целей используется почвенная карта и книга истории полей. На основании изучения плана землепользования из общего массива выделяют наиболее выровненный и удобный для закладки опыта земельный участок и фиксируют его границы столбами (реперами).

Площадь делянки зависит от содержания и цели опыта, особенностей культуры и пестроты плодородия почвы. Размер делянки должен обеспечивать механизацию всех работ. Длина делянки в значительной степени определяется длиной или шириной поля, в котором размещается опыт. Ширина делянки может варьировать и всецело зависит от изучаемых приемов (с учетом ширины захвата агрегатов).

Чаще всего ширину делянки (полосы) для зерновых целесообразно устанавливать длиной 8–16 м и пропашных – 5–10 м, а общую площадь делянки – 500–2000 м^2. При таких размерах делянки для опыта с 3–5-ю вариантами и 3–4-кратной повторностью требуется земельный участок не больше 3–4 га.

На выровненных по плодородию и рельефу земельных участках можно ограничиться трехкратной повторностью опытов, а на более пестрых почвах или при изучении приемов, незначительно различающихся по эффективности, необходима, как минимум, четырехкратная повторность.

Главная задача *демонстрационных,* или *показательных, опытов* – дать наглядное представление о преимуществе и особенностях нового агротехнического приема, технологии возделывания нового сорта или культуры. Для демонстрационных опытов отбирают те приемы и способы, агротехническая оценка которых дана в точных полевых опытах, хорошо отработана вся технология и, следовательно, нет оснований сомневаться в их эффективности.

Демонстрационные опыты закладывают в полях севооборота на участках (полосах), позволяющих механизировать все операции по возделыванию опытной культуры. Работы по закладке и проведению опыта должны выполняться своевременно, высококачественно. Обычно демонстрационный опыт включает два варианта – новый агротехнический прием, или нерасчлененный агрокомплекс, и стандартный, контрольный вариант.

После тщательного анализа методики и техники проведения поле-

вого опыта, проверки записей по первоисточникам (журналам, полевой книжке), устранения описок и неточностей приступают к первичной цифровой обработке материала. Она складывается из пересчетов урожайности с делянок на урожайность с гектара, приведения урожаев к стандартной влажности, вычисления средних урожаев и их прибавок. Этот этап обработки заканчивается составлением таблицы урожаев, итоговые данные могут использоваться в качестве мониторингового наблюдения за состоянием пахотных земель.

Биоиндикационные методы наблюдения. *Биоиндикация* – метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по факту встречи, отсутствия, особенностям развития организмов – биоиндикаторов. В свою очередь *биоиндикаторы* – организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания.

Объектами биоиндикации могут быть как определенные типы природных объектов (почва, вода, воздух), так и различные свойств этих объектов (механический, химический состав и др.) и определенные процессы, протекающие в окружающей среде (эрозия, дефляция, заболачивание и т. п.), в том числе происходящие под влиянием человека.

Биоиндикационные исследования подразделяются на два уровня: видовой и биоценотический. Видовой уровень включает в себя констатацию присутствия организма, учет частоты его встречаемости, изучение анатомо-морфологических, физиолого-биохимических свойств. При биоценотическом мониторинге учитываются различные показатели разнообразия видов, продуктивность данного сообщества.

Среди *методов биоиндикации* выделяют регистрирующую биоиндикацию и биоиндикацию по аккумуляции. Регистрирующая биоиндикация позволяет судить о воздействии факторов среды по состоянию особей вида или популяции, а биоиндикация по аккумуляции использует свойство растений и животных накапливать те или иные химические вещества (например, содержание свинца в печени рыб, находящихся на конце пищевой цепочки, может достигать 100–300 ПДК). В соответствии с этими методами различают регистрирующие и накапливающие индикаторы.

Методы применения биоиндикаторов не требуют значительных затрат труда, сложного и дорогостоящего оборудования, поэтому могут использоваться в мониторинге земель. Наиболее эффективно применять биоиндикаторы одновременное инструментальным контролем за

состоянием земель при локальном мониторинге источников или объектов загрязнения.

Для характеристики почв ключевых участков можно использовать индикаторные виды растений, которые могут свидетельствовать о водном режиме почв, их кислотности, обеспеченности элементами минерального питания, состоянии плодородия.

Ежегодные наблюдения за состоянием растительности исследуемых ключевых участков позволят определить антропогенную нагрузку на опытном участке, выявить виды, чувствительные к антропогенному воздействию. Для сравнения флоры контрольного и опытного участков можно использовать следующие критерии: видовое разнообразие флоры, состав видов-доминантов, встречаемость видов, морфологические изменения растений, степень поражения растений вредителями и болезнями.

Полный анализ почвы требует значительных затрат времени и труда. Однако многие особенности почвы, в том числе и плодородие, можно определить по населяющим ее растениям-индикаторам.

Так, например, о *высоком плодородии* свидетельствуют следующие растения: малина, крапива, иван-чай, таволга, сныть, чистотел, копытень, кислица, валериана, чина луговая, костер безостый. Индикаторами *умеренного (среднего) плодородия* являются медуница, дудник, гравилат речной, овсяница луговая, купальница, вероника длиннолистная. О *низком плодородии* свидетельствуют сфагновые (торфяные) мхи, наземные лишайники, кошачья лапка, брусника, клюква, белоус, душистый колосок. Безразличны к почвенному плодородию следующие растения: лютик едкий, пастушья сумка, мятлик луговой, черноголовка, ежа сборная. Малотребовательна к почвенному плодородию сосна обыкновенная.

О *высоком содержании азота* свидетельствуют растения-нитрофилы – иван-чай, малина, крапива; на лугах и пашне – разрастания пырея, гусиной лапчатки, спорыша (горца птичьего). При хорошем обеспечении азотом растения имеют интенсивно-зеленую окраску. Наоборот, недостаток азота проявляется бледно-зеленой окраской растений, уменьшением ветвистости и количества листьев.

Индикаторами *влажных,* иногда заболоченных почв, являются следующие влаголюбивые растения (гигрофиты): голубика, багульник, морошка, калужница, герань луговая, камыш лесной, сабельник болотный, мята полевая, чистец болотный.

К растениям (мезофитам) достаточно обеспеченных влагой мест, но

не сырых и не заболоченных, относят большую часть луговых трав: тимофеевка, лисохвост луговой, пырей ползучий, ежа сборная, клевер луговой, горошек мышиный, чина луговая, василек фригийский. В лесу это брусника, костяника, копытень, золотая розга, плауны.

Растения (ксерофиты), обитающие в сухих местах: кошачья лапка, ястребинка волосистая, очитки (едкий, пурпурный, большой), ковыль перистый, толокнянка, полевица белая, наземные лишайники.

Существуют растения – индикаторы глубины залегания грунтовых вод. Так, кострец безостый, клевер луговой, подорожник большой, пырей ползучий распространены на лугах с глубиной залегания грунтовых вод более 1,5 м.

В полевых условиях *кислотность почв* можно определить при помощи растений-индикаторов В процессе эволюции сформировались группы растений: кислых (зеленые мхи, кошачьи лапки, белоус, щучка дернистая, хвощ полевой), нейтральных (мать-и-мачеха, осока мохнатая, лядвенец рогатый, гусиная лапка) и щелочных (вяз шершавый, бересклет бородавчатый) почв. Зная растения каждой группы, в полевых условиях можно приблизительно определить кислотность почвы. Кроме того, с помощью биоиндикации можно установить преобладание (или недостаток) тех или иных химических элементов или соединений.

Одним из наиболее важных показателей антропогенного воздействия на почвы и экосистемы в целом является изменение видового состава и количества *почвенных* и *напочвенных беспозвоночных животных*.

Исследования почвенной и напочвенной фауны дают наиболее наглядные результаты при изучении различных форм землепользования сельскохозяйственной деятельности, дорожной сети, воздействия локальных загрязнителей природной среды, при изучении экосистем леса и открытых ландшафтов, отдельных видов рекреационного природопользования.

Для определения общего характера антропогенного воздействия на экосистемы на учетной площадке, равной 1 га, необходимо заложить 4–5 прикопок размером 50×50 см на глубину встречаемости почвенных беспозвоночных. При более детальном изучении локальных антропогенных воздействий рекомендуется брать пробы на площадке 0,01 га (10×10 м) в 1/16 м^2 (25×25 см). В дневнике дается подробная характеристика участка и места взятия пробы. Весь собранный при раскопке материал фиксируют для последующей камеральной обработки в лабораторных условиях. Например, изучение численности и биомассы

дождевых червей позволяет понять ход почвообразовательного процесса на исследуемое территории. Динамика изменения их численности в свою очередь свидетельствует о состоянии гумуса и степени плодородия почвы.

Приборы контроля загрязнения почв. К настоящему времени разработано большое количество разнообразных приборов контроля состояния окружающей среды. Для ориентирования в этой области и реализации знаний, умений и навыков, целесообразно классифицировать эти приборы. Ниже приведены описания наиболее употребляемых в практике экологических приборов.

Классификация приведена по следующим признакам:

1) по видам исследуемой среды:

– приборы для измерения концентраций вредных примесей в атмосфере (газоанализаторы различного типа, хроматографы, масс-спектрометры);

– приборы для определения качества воды (фотоэлектроколориметры, ионометры, рефрактометры);

– приборы для исследования состояния почвы и твердых веществ (спектрометры, флуориметры, радиометры);

2) по методам получения информации:

а) химические;

б) физико-химические:

– оптические (спектрофотометры, фотоэлектроколориметры, нефелометры, рефрактометры, флуориметры);

– электрохимические (ионометры, кондуктометры, полярографы);

– хроматографические (жидкостные и газовые хроматографы и различные хроматографические колонки);

в) физические:

– радиометры и дозиметры;

– масс-спектрографы;

– шумомеры;

3) по условиям применения:

– стационарные приборы (для атомного и молекулярного спектрального анализа, хроматографы);

– переносные приборы экологического контроля (чаще всего они называются приборами экспресс-анализа и используются, в частности, в передвижных экологических лабораториях);

– промышленные.

Почва является средой, с которой человек связан в течение всей

своей жизни; в зависимости от условий она может влиять на состояние его здоровья. При загрязнении почвы органическими веществами животного происхождения почва может явиться источником инфекции или инвазии. Почва может подвергаться радиоактивному и химическому загрязнению.

Она может явиться причиной геохимических заболеваний (флюороз, зобная, уровская болезни и др.). Кроме отмеченных санитарных и эпидемических моментов, имеют значение механический и химический состав почвы, степень ее сухости и влажности, способность к самоочищению, что важно знать при градостроительстве.

При оценке санитарного состояния почвы применяют физико-химические, гельминтологические, бактериологические, энтомологические, радиологические и другие исследования в зависимости от поставленной цели. Так, при оценке санитарного состояния естественной почвы, земельных участков, отводимых под новые населенные пункты, рекомендуется проводить полный санитарный анализ почвы, который включает определение: механического состава, влажности свежевзятого образца и гигроскопической влажности; содержание солей аммония, нитритов, нитратов, хлоридов; общего, органического и почвенного азота; природного микро – и макроэлементарного состава; вредных химических веществ; общего числа микроорганизмов, колититра, титра анаэробов; содержания яиц гельминтов, личинок и куколок мух.

При гигиенической оценке искусственно созданной почвы населенных мест в случае благоприятной эпидемической обстановки рекомендуется проводить исследования по схеме краткого санитарного анализа: определение влажности, хлоридов, окисляемости, санитарного числа, микробного числа, колититра, титра анаэробов, содержания яиц гельминтов, личинок и куколок мух.

Частота отбора проб почвы для лабораторного анализа зависит от характера источника загрязнения.

На сельскохозяйственных объектах пробы почвы следует отбирать до первой обработки растений пестицидами и во время уборки овощей. Отбирать и исследовать почву необходимо одновременно с отбором и анализом овощей.

На территории детских учреждений, расположенных в зоне влияния промышленных предприятий, в местах массового отдыха и первого пояса зоны санитарной охраны источников питьевого водоснабжения, пробы почвы отбирают 2 раза в год – весной (апрель) и осенью (октябрь); на участках, размещенных в зоне влияния объектов,

подвергающихся обработке химическими средствами защиты растений, до и после перовой обработки, в середине лета и после последней обработки.

В районе складирования промышленных отходов пробы почвы отбирают по четырем румбам на расстоянии 500 м от шламонакопителей и промышленных отвалов после таяния снега, в июле, августе, октябре.

В сопроводительном талоне указываются: дата и час отбора пробы, адрес, номер участка и пробной площадки, горизонт, глубина взятия пробы, характер метеорологических условий в день отбора проб; особенности, обнаруженные в день отбора проб (освещение солнцем, применение средств химизации, виды обработки почвы, наличие свалок, очистных сооружений и т.д.); чертеж земельного участка, фамилия, имя, отчество лица, отобравшего пробу, ставится его подпись.

Определение показателей органического загрязнения. Загрязненные почвы обычно содержат большое количество органических веществ и поэтому являются благоприятной средой для развития микроорганизмов. При оценке химических показателей проводится их сопоставление с аналогичными показателями контрольного участка.

На свежее загрязнение указывает присутствие органического азота, углерода и хлоридов в изучаемой почве в количествах, превышающих их содержание в почве контрольного участка Обнаружение повышенных количеств солей аммония, нитритов, нитратов свидетельствует о постоянном загрязнении почвы органическими веществами. Если количество органического углерода и органического азота в почве опытного участка не превышает их содержания в почве контрольного, то это является показателем чистоты почвы. Присутствие в такой почве нитратов и хлоридов указывает на давность загрязнения и окончание процессов минерализации органических веществ.

Анализ водной вытяжки из почвы. При воздействии воды на почву большинство из образующихся минеральных солей растворяются и переходят в водную вытяжку, в которой они могут быть определены соответствующими методами. Таким образом, по данным анализа водной вытяжки из почвы можно судить о санитарном состоянии почвы, т.е. о характере и степени загрязнения почвы органическими веществами, интенсивно

ЛЕКЦИЯ 3
ВИДЫ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ

Понятие об эталоне. Понятие Эталон единицы является собирательным и включает в себя целый ряд производных понятий-эталонов, таких как «государственный эталон единицы», «первичный эталон», «специальный эталон», «вторичный эталон», «эталон-копия», «эталон сравнения», «эталон-свидетель» и «рабочий эталон».

Такое многообразие эталонов, обусловлено структурой и реализацией системы обеспечения единства измерений отдельных физических величин. Очевидно, что достижению этой цели, прежде всего, будет способствовать применение одинаковых с точки зрения их определения единиц. В этом отношении очень важным этапом в решении обеспечения единства измерений явилась разработка международной системы единиц физических величин – СИ.

Для обеспечения единства измерений этой физической величины важно, чтобы единицы были одинаковы в их вещественном выражении в тех образцах (эталонах), с которыми сравнивается измеряемая физическая величина. В то же время, очевидно, что любой такой образец создается специально, и никакие два подобных образца не могут быть сделаны абсолютно одинаковыми: реальные размеры единицы в образцах обязательно будут в той или иной мере отличаться друг от друга. Отсюда следует, что среди таких образцов следует выбрать и узаконить какой-либо один, наилучшим образом соответствующий определению единицы, в качестве самого точного эталона (исходного эталона единицы), относительно которого затем определять и контролировать размер единицы для всех остальных эталонов и средств измерений.

При наличии большого парка рабочих средств измерений различной точности возникает необходимость в создании системы эталонов различной степени точности, и тем самым – к иерархической соподчиненности эталонов единицы в такой системе. Именно по такому иерархическому принципу разрабатываются в нашей стране общероссийские поверочные схемы для средств измерений отдельных физических величин. Эти поверочные схемы являются нормативными документами (как правило, в виде ГОСТ), устанавливающими номенклатуру и соподчиненность средств измерений данной физической величины, обеспечивающих рациональную систему передачи размера единицы от единого исходного эталона всем имеющимся в стране эталонам и средствам измерений данной физической величины.

В настоящее время различают следующие виды эталонов:

Первичный эталон – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью. Первичные эталоны подразделяются на национальные (государственные), международные и специальные.

Вторичный эталон – эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы. Вторичные эталоны подразделяются на эталоны-копии и эталоны сравнения.

Национальный эталон – эталон, признанный официальным решением служить в качестве исходного для страны.

Международный эталон – эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

Специальный эталон – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы в особых условиях и заменяющий для этих условий первичный эталон. Единица, воспроизводимая с помощью специального эталона, по размеру должна быть согласована с единицей, воспроизводимой с помощью соответствующего первичного эталона.

Эталон-копия – вторичный эталон, предназначенный для передачи размеров единиц рабочим эталонам. Эталон-копия не всегда является физической копией государственного эталона, он копирует лишь метрологические свойства государственного эталона.

Эталон сравнения – вторичный эталон, применяемый для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.

Рабочий эталон воспринимает размер единицы от вторичных эталонов и, в свою очередь, служит для передачи размера менее точному рабочему эталону (низшего разряда) или рабочим средствам измерений. Термин «рабочий эталон» заменил используемый ранее термин «образцовое средство измерений».

Разрядный эталон – эталон, обеспечивающий передачу размера единицы физической величины через цепочку соподчиненных по разрядам рабочих эталонов. При этом от последнего рабочего эталона в этой цепочке размер единицы передается рабочему средству измерения. Число разрядов для каждого вида средств измерений устанавливается государственной поверочной схемой.

В зависимости от назначения и исполнения эталоны подразделяются следующим образом:

– одиночный эталон, в составе которого имеется одно средство измерений (мера, измерительный прибор, эталонная установка) для воспроизведения и хранения единицы;

– групповой эталон, в состав которого входит совокупность средств измерений одного типа, номинального значения или диапазона измерений, применяемых совместно для повышения точности воспроизведения единицы или ее хранения; за результат измерений обычно принимается среднее арифметическое значение из результатов измерений однотипными средствами измерений или эталонными установками;

– эталонный набор, состоящий из совокупности средств измерений, позволяющих воспроизводить и хранить единицу в диапазоне, представляющем объединение диапазонов указанных средств; эталонные наборы создаются в тех случаях, когда необходимо охватить определенную область значений физической величины, например набор эталонных гирь;

– транспортируемый эталон, иногда специальной конструкции, предназначенный для его транспортировки к местам поверки или калибровки средств измерений или сличений эталонов данной единицы.

Агропочвенный мониторинг. Агропочвенный мониторинг – это система наблюдений за деградационными процессами, протекающими в почвах и почвенном покрове.

По экологической оценке, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды в настоящее время значительная часть земельных ресурсов находится в неудовлетворительном состоянии и продолжает ухудшаться. Согласно ежегодным отчетам около 30 % почв сельскохозяйственных угодий требуют охраны, улучшения состояния и повышения биологической продуктивности. Восстановить утраченное плодородие очень сложно. Эти работы требуют огромных материальных затрат. Поэтому в современных условиях реальной задачей является приостановление процессов деградации земель.

Деградация почв наносит огромный экономический и экологический ущербы. Экономический ущерб выражается в снижении продуктивности почв. При слабой деградации почв их плодородие уменьшается на 5–10 %, при средней – на 25–60 %, при сильной – на 60 % и более. Деградационные территории – это неустойчивые, нестабильные природные экосистемы, которые могут вывести из равновесия другие природные объекты и инициировать процессы общей деградации земной поверхности и климата. Экологические последствия деградации проявляются в уменьшении мощности плодородного слоя, снижении

интенсивности гумификации и активизировании процессов дегумификации, нарушении водного, теплового режимов почвы. Таким образом, деградация приводит к уничтожению почвы как природного объекта и создает трудности для функционирования других экологических систем и природной среды в целом.

Основными задачами агропочвенного мониторинга являются:

− организация регулярных наблюдений за деградационными процессами почвы;

− выявление фактора и типа деградации почв;

− определение интенсивности деградационного процесса;

− разработка оценочных критериев деградационных процессов;

− оценка степени деградированности почв;

− составление деградационных карт;

− ведение банка данных о процессах деградации.

Оценку процесса деградации почв осуществляют по двум критериям: хозяйственному и экологическому. Основу этих критериев составляют отклонения, выраженные в количественных величинах свойств деградированных почв от аналогичных почв, не затронутых деградацией. Хозяйственная оценка степени деградации осуществляется по показателям, каждому из которых присваивается балл по пятибалльной шкале (табл. 3.1).

Таблица 3.1. **Оценочные показатели степени деградации земель**

Хозяйственные показатели	Баллы				
	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Мощность неплодородного слоя, см	<2	2–10	11–20	21–40	>40
Уменьшение мощности почвенного профиля, %	<3	3–25	26–50	51–75	>75
Уменьшение запасов гумуса в профиле почв, % от исходного	<10	11–30	21–4-	41-–80	>80
Увеличение плотности сложения пахотного слоя, % от исходного	<10	11–20	21–30	31–4-	>40
Пористость, $см^3/г$	>0,3	0,26–0,3	0,2–0,25	0,17–0,19	<0,17
Коэффициент фильтрации, м/сут	>0,1	0,3–1,0	0,1–0,3	0,01–0,1	<0,01
Потери почвой массы, т/год	<2	2,1–5	5,1–10	10,1–20	>20
Глубина размывов, см	<20	21–40	41–100	101–200	>200
Расчлененность территории оврагами, $км/км^2$	<0,1	0,1–0,3	0,4–0,7	0,8–2,5	>2,5
Площадь обнаженной почвообразующей породы, % от общей площади	0–2	3–5	6–10	11–25	>25

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
Уменьшение содержания физической глины, % от исходного	<5	6–15	16–25	26–32	>32
Дефляционный нанос неплодородного слоя, см	<2	3–10	11–20	21–40	>40
Сработка торфа, мм/год	<1	1–2,5	2,6–10	11–40	>40
Глубина провалов относительно поверхности, см	<20	20–40	41–100	101–200	>200
Содержание суммы токсичных солей, %	<0,1	0,11–0,25	0,26–0,5	0,51–0,8	>0,8
Повышение уровня минерализации грунтовых вод до глубины 1 м	>7	5,1–7,0	3,1–5,0	2,0–3,0	<2,0
Продолжительность затопления, месяцы	<3	4-6	7-15	15-18	>18

После оценки каждого показателя определяется средний балл, по которому устанавливается степень деградации территории.

Оценочная шкала:

0 – ненарушенные земли;

0–1 – слабодеградированные;

1–2 – среднедеградированные;

2–3 – сильнодеградированные;

3–4 – очень сильно деградированные.

Экологический критерий позволяет оценить влияние деградированной территории на соседние экосистемы ландшафта. Устанавливается уровень потерь природно-хозяйственной значимости земель (табл. 3.2).

Информацию о деградационных процессах и состоянии почвенного покрова получают в результате обследования почв. Осуществляет наблюдение Государственный комитет по имуществу. Первый тур обследования земель в Беларуси был выполнен в 1957–1964 гг. Полученные материалы используются для разработки мероприятий по защите земель от деградации и для кадастровой оценки. Проведено уже 10 циклов обследования.

Почвенно-агрохимический мониторинг. Почвенно-агрохимический мониторинг – это государственная система наблюдений и контроля за почвенным плодородием в процессе интенсивной сельскохозяйственной деятельности. Он является важной составляющей общей системы мониторинга земель. Его основная цель – контроль за сохранением, воспроизводством и рациональным использованием плодородия почв сельскохозяйственного назначения.

Т а б л и ц а 3.2. **Экологический критерий оценки деградационных процессов**

Уровень потерь природно-хозяйственной значимости земель	Состояние почвенного покрова и возможность использования земель
Нулевой	Отсутствие экологически неблагоприятных признаков в биоценозах экосистем. Нет ограничений в использовании земель.
Слабый	Проявляются первичные признаки угнетения отдельных звеньев биоценозов, снижение продуктивности. Использование земель без ограничений.
Средний	Природные биоценозы сильно угнетены. Использование земель для производства сельскохозяйственной продукции малоэффективно из-за низкого плодородия почв.
Высокий	Ограниченное существование искусственных насаждений. Использовать земли в сельском хозяйстве нецелесообразно из-за низкого плодородия почв и неудовлетворительного качества продукции.
Катастрофический	Биологическая продуктивность очень низкая.

В задачи почвенно-агрохимического мониторинга входят:

− осуществление регулярного контроля за почвенным плодородием;

− оценка почв по их пригодности для производства сельскохозяйственной продукции;

− определение возможности ввода земель, ранее отчужденных из сельскохозяйственного оборота;

− составление прогноза о динамике плодородия почв;

− получение информации для разработки научно обоснованных мероприятий по сохранению и поддержанию почвенного плодородия, расчета потребности хозяйств в минеральных удобрениях, подготовке проектно-сметной документации по известкованию кислых почв.

Наблюдения в системе почвенно-агрохимического мониторинга в Беларуси осуществляются с 1965 года. График обследования почв рассматривается и утверждается Минсельхозпродом. Обследования почв проводятся 1 раз в 4 года и называются турами.

При ведении мониторинга почвенного покрова следует учитывать оптимальные значения агрохимических показателей (табл. 3.3).

Таблица 3.3. **Оптимальные значения агрохимических показателей в зависимости от типа и гранулометрического состава почв**

Гранулометрический состав	pH	Гумус, %	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	MgO, мг/кг
Дерново-подзолистые:					
глинистые и суглинистые	6,0–7,0	2,5–3,0	250–300	220–250	150–300
супесчаные	5,8–6,2	2,0–2,5	200–250	170–250	120–150
песчаные	5,5–5,8	1.8–2,2	150–200	100–150	80–100
Торфяные	5,0–5,3	–	700–1000	600–800	450–900
Минеральные почвы луговых земель	5,8–6,2	3,5–4,0	120–200	150–200	90–120

Наблюдению подлежат земли сельскохозяйственных угодий госхозов и фермерских хозяйств. Исследования проводятся на всех видах сельскохозяйственных угодий: пашне, многолетних насаждениях, сенокосах, пастбищах, приусадебных участках, находящихся в полях севооборотов госхозов. Первичную информацию собирают зональные химические лаборатории, при которых работают почвенные экспедиции.

Почвенное плодородие – это количественный показатель качественного состояния почв, который включает в себя оценку пищевого режима почв, её гумусного состояния, кислотного режима, физических свойств, биологической активности почв и санитарно-гигиенического состояния.

Пищевой режим оценивается по балансу питательных веществ. Приходная часть баланса включает содержание подвижных элементов калия, фосфора и кальция в почвах. При этом отслеживается поступление элементов питания с растительными остатками и за счет биологической фиксации. Также учитывается приход элементов с минеральными удобрениями. Расходная часть представляет собой потери элементов питания при вымывании вертикальными и горизонтальными стоками.

Гумусное состояние почв оценивается по балансу органического вещества. Приходная часть его определяется общим содержанием гумуса в исходных объектах до начала слежения и изменение его в почвах по ротациям. При этом ведется расчет питательных веществ в органических удобрениях и их поступление с растительными остатками.

Определяется скорость накопления органического вещества и активность минерализации.

В связи с особой значимостью содержания гумуса в почвах необходим постоянный агрохимический мониторинг за направленностью процессов гумусообразования и определение на его основе баланса гумуса. Гумус представляет собой относительно динамичную составную часть

почвы, подвергающуюся количественным и качественным изменениям под влиянием целого ряда факторов, среди которых ведущим является хозяйственная деятельность человека. Сложность определения баланса гумуса состоит в том, что в почве одновременно происходят два разнонаправленных процесса: синтез и распад органического вещества, особенно гумусовых веществ. Баланс гумуса может быть бездефицитным (уравновешенным, компенсированным), если количество новообразованного гумуса за определенный период (например, за год) соответствует количеству минерализовавшегося за тот же период. Он может быть также отрицательным (если количество новообразованного гумуса меньше минерализовавшегося) или положительным (если поступление в почву новообразованного гумуса превышает его расход в результате минерализации).

Главными причинами потерь гумуса пахотными почвами являются следующие:

♦ уменьшение количества растительных остатков, поступающих в почву, при смене естественного биоценоза агроценозом;

♦ усиление минерализации органического вещества в результате интенсивной обработки и повышения степени аэрации почв;

♦ разложение и биодеградация гумуса под влиянием физиологически кислых удобрений и активизации микрофлоры за счет вносимых удобрений;

♦ усиление минерализации в результате осушения переувлажненных почв;

♦ усиление минерализации гумуса орошаемых почв в первые годы орошения. В исследующие годы содержание гумуса стабилизируется и даже повышается;

♦ потери гумуса в результате водной и ветровой эрозии почв.

Интенсивность минерализации гумуса зависит от его запасов в почве, типа почвы и вносимых удобрений. Так, в суглинистых почвах она составляет 1,5–1,6 % в год от общего запаса в пахотном слое, супесчаных – 1,7–1,8 %, песчаных – 1,9–2,0 %.

В процессе мониторинга используют следующие наиболее важные показатели при определении баланса гумуса:

♦ расход гумуса в почвах при современном уровне агротехники с учетом структуры посевных площадей;

♦ масштабы естественного восполнения гумуса за счет пожнивно-корневых остатков сельскохозяйственных культур с учетом уровней их урожайности, включая многолетние травы;

♦ количество стандартного навоза, необходимое для покрытия дефицита гумуса, не восполняемого растительными остатками.

Ежегодная минерализация гумуса под различными группами сельскохозяйственных культур, рассчитанная на основании размеров выноса ими почвенного азота: под зерновыми культурами составляет 0,5–1 т/га, под пропашными – 1,5–2,5, под чистым паром – 2–3,5 т/га.

Кислотный режим почв оценивается по реакции почвенного раствора (солевой и гидролитической), емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями.

Физические свойства почвы характеризуются такими показателями, как порозность и плотность. Они ложатся в основу оценки температурного, водного и воздушного режимов почвы.

Биологическая активность почвы – это комплексный показатель.

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

Санитарно-гигиеническое состояние почв оценивается по содержанию в ней антропогенных загрязняющих примесей. В почвах отслеживаются:

− из тяжелых металлов – мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, кобальт, никель, медь, хром, марганец, магний и др.

− из неорганических примесей – элементарная сера;

− из органических примесей – нефтепродукты, фенол, бензол, бензапирен.

По данным обследования составляются почвенно-агрохимические очерки, в которых дается всесторонняя характеристика землепользования хозяйств и рекомендации по его улучшению. Также составляются картограммы и карты.

Мониторинг почв фоновых территорий. Фоновый мониторинг земель осуществляется в соответствии с глобальной системой мониторинга окружающей среды (ГСМОС).

Мониторинг фоновых территорий – это глобальная и государственная система наблюдений, оценки состояния и прогноза изменений в почвах и почвенном покрове земель на эталонных территориях.

Основная цель почвенного мониторинга фоновых территорий – своевременное обнаружение неблагоприятных изменений свойств почв, при развитии естественного процесса почвообразования в результате

поступления в почвы глобально-рассеянных загрязняющих веществ антропогенного происхождения.

Задачи почвенного мониторинга фоновых территорий:

− наблюдение за потоками загрязняющих химических элементов на почвах;

− определение уровней контролируемых показателей химического состояния почв фоновых территорий;

− выявление зон миграции, аккумуляции и направление трансформации контролируемых химических элементов почвы;

− оценка скорости накопления контролируемых химических элементов в почвах.

Сеть наблюдений охватывает всю территорию государства. Она представлена реперными площадками, ландшафтными полигонами, стационарами. Всего создано 80 объектов наблюдения.

Стационары комплексных экологических наблюдений фонового ранга за почвами организованы в Национальном парке «Браславские озера», Березинском биосферном заповеднике, Национальном парке «Беловежская пуща». Они предназначены для проведения геохимических наблюдений за состоянием почвенного покрова и другими видами исследований.

В границах стационаров выделяются полигоны и станция наблюдения. Стационар представляет собой территорию значительной площади с регламентированными границами и природоохранным статусом, на которой представлены природные комплексы, характерные для данной территории. Стационар удален от региональных и локальных источников загрязнения на расстояние не менее 50 км.

Полигон (ключевой участок) представляет собой ряд станций наблюдения, охватывающих сочлененные ландшафты от повышенных водораздельных пространств до пониженных участков. Полигон включает наиболее типичные для данной территории почвенные комбинации.

Станция наблюдений (постоянная пробная площадка – ППП) является основной территориально-функциональной единицей сети наблюдений. Она представляет собой участок, сложенный однородными породами, находящийся на одном элементе рельефа, в равных условиях залегания грунтовых вод, характеризующийся однородностью почвенного покрова и определенной растительной ассоциацией.

Это участок имеет параметры 50×50 м. В нем выделены две зоны – контроля и изучения. В зоне контроля наблюдения носят пассивный

характер, в зоне изучения допускаются ограниченно активные методы исследования. ППП удаляется в глубь леса от квартальных просек, границ выделов и дорог не менее чем на 30 м. Внешним индикационным признаком для выделения ППП является наличие однородных таксационных показателей растительности. Станции наблюдений привязаны к различным элементам рельефа: вершинным поверхностям, средним частям склонов, подножьям склонов и понижениям.

Размещение полигонов и станций наблюдений производится в соответствии с международными рекомендациями и критериями для фоновых территорий. Этапу выбора полигонов и станций наблюдений предшествует почвенная и ботаническая съемка, позволяющая приурочить пункты наблюдений к доминирующим типам почв с соответствующими ботаническими выделами.

Местоположение полигонов и станций наблюдений определяется совместно специалистами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, представителями заповедников (Национальных парков) и другими организациями.

Место размещения полигонов и станций наблюдений закрепляется актом. На станцию наблюдений и полигон составляются паспорта. Основой паспортов служат результаты специальных обследований территории и фондовые материалы заповедников или Национальных парков, которые уточняются каждые 5–7 лет.

Работы на каждом стационаре, полигоне и станции наблюдений осуществляются на основе единой методической базы с использованием унифицированных методик специально подготовленными сотрудниками заповедников и национальных парков или уполномоченными на то организациями.

Контролируемые в почвах загрязняющие вещества:

− тяжелые металлы (свинец, цинк, кадмий, марганец, медь, никель);

− минеральные природные соединения (азот, фосфор, сульфаты и другие);

− органические техногенные соединения (пестициды (ДДТ и его метаболиты, ПХБ);

− радионуклиды.

Содержание химических элементов в почвах ООПТ, периферийных участков городских территорий, фоновых территорий исследуемых при мониторинге земель в рамках НСМОС используется как геохимический фон (фоновое содержание) при геохимической оценке почв любой территории

Фоновое содержание – это среднее содержание химических элементов или их соединений в почве, определенное из представительной выборки проб почвы, отобранных в пределах однородного в ландшафтно-геохимическом отношении участка, с минимальной вероятностью влияния источников загрязнения.

Показателем, характеризующим конкретный тип почв, разного гранулометрического состава или в целом для почв определенной ограниченной по площади территории вне зависимости от их принадлежности к тому или иному типу является региональный кларк.

Региональный кларк – это среднее содержание химического элемента в почве значительной по площади территории. Определяется преимущественно для типов почв с учетом их гранулометрического состава.

Наблюдения проводятся в двух режимах.

Первый режим (долгопериодный) предусматривает детальные почвенные исследования постоянных пробных площадок, составляющих геохимический профиль от местного водораздела до понижения, приуроченного к пойме, озерной котловине или болотной системе по расширенному списку показателей. Периодичность таких наблюдений составляет 5–7 лет, что обеспечивает оценку динамики изменения почвенных параметров во времени.

Второй режим (короткопериодный) – это ежегодные наблюдения за ограниченным числом параметров, проводимые на полигонах (ключевых участках) и станциях наблюдений, расположенных на наиболее повышенных и наиболее пониженных участках. При сложной территориальной структуре ООПТ ежегодные почвенные наблюдения осуществляются на 2–3 удаленных друг от друга выделах, приуроченных к разным элементам рельефа.

Непосредственный отбор почвенных образцов ведется в узком диапазоне времени (июль, август) в типичных, наиболее представительных точках наблюдения. Для отбора образцов используется пробоотборник. Объединенный почвенный образец состоит из 7–9 точечных проб, отобранных в местах без растительного опада (по возможности).

При детальных исследованиях на каждой станции наблюдений закладывается шурф (до материнской породы) и из основных генетических горизонтов (А, В, С) отбираются усредненные навески массой до 250 г.

Отобранные почвенные образцы высушиваются до воздушно-сухого состояния, растираются в агатовой ступке и просеиваются через

сито 0,5 мм. Полученная проба, массой не менее 150 г, хранится в запаянном полиэтиленовом пакете.

Ведущими показателями при геохимических наблюдениях за почвами являются тяжелые металлы. Это свинец, медь, цинк, хром, никель, ванадий и другие элементы, которые постоянно фиксируются в природной среде. В последнее время в связи с техногенным привносом данные элементы стали выступать в качестве загрязняющих веществ, негативно влияющих на состояние земель. К наблюдаемым загрязняющим веществам относятся также ртуть, кадмий, мышьяк.

Определение фактического содержания химических элементов и их соединений в почвах проводится аккредитованными на выполнение данных работ лабораториями с использованием аттестованных приборов по гостированным методикам.

Сплошной контроль за загрязнением почв. Техногенному загрязнению подвержены земли, примыкающие к промышленным центрам, к автомобильным и железнодорожным магистралям, к оборонным объектам, к крупным животноводческим комплексам, земли сельскохозяйственного использования, несущие нагрузку средств химизации, а также земли, загрязненные в результате выбросов опасных веществ при авариях и катастрофах.

Мониторинговый контроль на этих территориях проводятся двумя методами: сплошным и выборочным.

Сплошной контроль проводится в случаях когда:

− происходит аварийный выброс загрязняющих веществ в окружающую среду;

− обнаруживается высокое содержание токсикантов в сельскохозяйственной продукции.

Обследованию подлежит вся территория с целью определения зон высокого и повышенного содержания загрязняющих веществ. Наблюдаемая территория делится на рабочие участки, средний размер которых на почвах сельскохозяйственных угодий составляет 6–12 га.

В случае однородного почвенного покрова и больших полей севооборотов элементарные участки могут иметь площадь до 20 га. К формированию элементарных участков предъявляются следующие требования:

− форма участка должна быть приближена к квадрату или прямоугольнику;

− почвы участка должны быть однородными по почвенным разновидностям, степени увлажнения, гранулометрическому составу и

генезису почвообразующих пород;

− не допускается включать в один элементарный участок почвы, загрязненные и не загрязненные токсическими веществами;

− не допускается в один элементарный участок включать почвы, имеющие разную степень загрязнения.

Пробы почвы отбираются по двум диагоналям участка в 40 точках.

Глубина отбора проб: 0,5–5; 5–10; 10–15; 15–20 см. Каждая отобранная проба оформляется отдельно и этикируется. На этикетке отмечается номер образца, район, хозяйство, дата отбора почвы, фамилия почвоведа.

Выборочный постоянный контроль. Выборочный контроль проводится на территориях, примыкающих к местам хранения ядов, нефтепродуктов и автозаправок. Он может быть постоянным и текущим. Постоянный контроль осуществляется на территориях регулярного отслеживания за содержанием загрязняющих веществ в почве. Объектами наблюдения являются: полигоны или ключевые участки, пробные площадки или станции наблюдения, геоморфологические профили.

Ключевые участки – это территории площадью от 1–10 га.

На наблюдаемой территории выделяют от 15 до 20 таких участков.

Каждый участок привязывается принятыми в геодезии способами к стабильным ориентирам местности.

Распределяются ключевые участки с учетом:

− всех почвенных разновидностей наблюдаемой территории;

− элементов рельефа;

− разных типов биоценозов;

− фоновых территорий;

− территорий, несущих большую техногенную нагрузку.

Размещаются ключевые участки на пути миграции водных потоков и в направлении розы ветров.

Вокруг мощных источников загрязнения окружающей среды ключевые участки располагаются по 8 направлениям на расстоянии 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10 км.

Максимальная дальность размещения ключевого участка наблюдения у нефтеперерабатывающего предприятия до 20 км, предприятий по производству синтетических волокон и строительных материалов – до 15 км.

У ТЭС полигоны наблюдения должны быть на расстоянии 10–15 км.

В зонах влияния ТЭЦ мониторинг земель производится в направлении «розы ветров» на расстоянии 15–20 кратной высоты труб.

Ключевые участки в зоне влияния размещаются на расстоянии 0,25; 0,50; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 и 3,0 км. По вектору преобладающих ветров наблюдения увеличиваются до 5 км для крупных ТЭЦ мощностью более 300 тыс. квт.

В зонах влияния животноводческих комплексов мониторинг земель осуществляется в системе почва – почвенно-грунтовые и дренажные воды – растения. Ключевые участки закладываются на наиболее типичных почвенных ландшафтах. Размещаются они на сельхозугодиях систематического внесения навоза, на полях утилизации жидкой фазы навоза и на территориях, не испытывающих влияние стока животноводческого объекта.

В республике имеет место загрязнение окружающей среды и почв применяемыми ядохимикатами, вызванное нарушениями технологии их использования. Поэтому для выявления характера и степени загрязнения мониторингу подлежат почвы, расположенные у мест захоронения ядохимикатов, у складов их хранения, поля с максимальной пестицидной нагрузкой. При этом с целью выявления уровня влияния ядохимикатов отбор проб почв производится как непосредственно у мест их захоронения или складирования, так и на некотором удалении от них.

Наблюдение за загрязнением почв под влиянием транспорта осуществляются главным образом вдоль крупных автомагистралей с интенсивностью движения более 10 тыс. автомашин в сутки, а также вдоль железнодорожных путей.

При наличии вдоль магистралей древесно-кустарниковых полос ключевые участки размещают в пределах зоны от полотна дороги на расстоянии до 100 м. В случае отсутствия лесных насаждений ключевые участки размещаются и на прилегающих сельхозугодиях на расстоянии 0,3 км от дорог.

На каждом ключевом участке выделяют 3 пробные площадки размером 10×10 м. Пробу почвы берут с этих площадок методом конверта. Проба смешанная. Время отбора – весенне-летний период.

На пашне пробы отбирают на глубину пахотного горизонта, на землях с ненарушенным почвенным покровом (лес, луг) из слоев 0–5; 5–20 см.

В процессе производства калийных удобрений на ОАО «Беларуськалий» большая часть земель засоляется вследствие переноса воздухом соляной пыли, выбрасываемой в атмосферу с сильвинитовыми обогатительными фабриками. На землях, подверженных засолению почвенные пробы отбираются весной и летом из слоев 0–2; 2–20 и 20–50 см от

поверхности, в сухой период. Зоны засоления образуются у солеотвалов и шламохранилищ. Пробы почв берутся на глубине до 2 м или до уровня грунтовых вод. Отбор производится буром по слоям 0–2; 2–25; 25–50; 50–75; 75–100; 100–125; 125–150; 150–200 см. Периодичность отбора образцов – 1 раз в год в весенний период. Экологическое состояние почв в зонах влияния предприятий по производству азотных и фосфорных удобрений, капролактама, предприятий по производству синтетического волокна – периодичность отбора образцов 1 раз в 3 года. По остальным объектам наблюдения периодичность контроля устанавливается 1 раз в 5–6 лет.

На территориях придорожных полос автотрасс закладывается четыре пробные площадки на расстоянии 10, 25, 50 и 100 м от края дорожного полотна. Пробная площадка имеет форму прямоугольника размером 1×20 м и располагается наибольшей стороной параллельно полотну дороги.

Геоморфологические профили – это почвенные разрезы, которые закладываются по векторам розы ветров и миграции водных потоков.

Они позволяют получить информацию о направлениях потоков перемещения токсикантов в почве, местах их аккумуляции и особенностях трансформации в почвенном профиле.

Выборочный текущий контроль. Выборочному текущему контролю подлежат почвы населенных пунктов, где имеются источники химического загрязнения земель, зон отдыха населения, жилых кварталов городов, на территориях школ, детсадов, промышленных предприятий.

Сеть наблюдения представлена пробными площадками, которые непостоянны. Количество пробных площадок на контролируемой территории загрязнения почв устанавливается в зависимости от площади земель, подверженной химическому загрязнению:

− до 0,5 га – не менее 2 площадок;
− от 0,5 до 1 га – не менее 5 площадок;
− от 1 до 10 га – не менее 8 площадок;
− от 10 до 100 га – не менее 15 площадок;
− от 100 и более га – не менее 20 площадок.

В каждой функциональной зоне должно быть не менее 3 площадок наблюдений. Размер пробной площадки в зависимости от рельефа местности составляет от 15×15 м до 25×25 м.

В населенных пунктах количество пробных площадок устанавливается исходя из того, что на каждый 1 км^2 должна приходиться одна

пробная площадка.

В жилой зоне с усадебной застройкой пробные площадки закладываются в пределах приусадебных земельных участков, в жилой зоне с многоэтажной застройкой – на внутридворовых озелененных территориях, скверах. Размер пробной площадки составляет от 5×5 м до 25×25 м.

На каждой пробной площадке по двум диагоналям отбирается одна объединенная проба почвы в 10–15 точках. Отбор точечных проб производится пробоотборником:

− на пашне на глубине 0–10 и 10–20 см;

− на целине и залежи – по слоям 0–2,5; 2,5–5; 5–10; 10–20; 20–40 см.

Проба смешанная. Из полученной объединенной пробы удаляются камни, обломки материалов техногенного происхождения (стекла, кирпича, бетона, асфальта и др.). Масса объединенной пробы почвы должна составлять не менее 1,0 кг. Сроки отбора проб: весна – осень. Периодичность контроля – 1 раз в 3 года.

Для анализа на содержание ПАУ, ПХБ, пестицидов почвы отбираются в стеклянную посуду, для других загрязняющих веществ и показателей используются полиэтиленовые пакеты. Транспортируются и хранятся почвенные пробы в этой же таре.

Перечень контролируемых веществ зависит от специфики техногенных источников воздействия на земли. Для всех территорий определяются:

− тяжелые металлы – свинец, кадмий, цинк, медь, никель, хром;

− показатель pH;

− нефтепродукты;

− сульфаты;

− нитраты;

− хлориды;

− полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – дополнительно отслеживаются в производственно-коммунальных зонах;

− полихлорированные бифенилы (ПХБ) – для источников, где в оборудовании используются ПХБ.

ЛЕКЦИЯ 4
ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОСТАВОМ, СТРУКТУРОЙ И СОСТОЯНИЕМ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Мониторинг земельных ресурсов (землепользования). Основной задачей мониторинга земельных ресурсов является оценка изменения состава, количественной и качественной структуры использования земель по категориям, видам, группам землепользователей, землевладельцев и собственников земли. Мониторинг призван выявить и проследить динамику основных групп субъектов земельно-имущественных отношений с учетом их состава, площади, размещения, особенностей правового положения и хозяйственного использования.

Организация наблюдений за состоянием и использованием земельных ресурсов и изучение характера и особенностей землепользования являются одними из наиболее эффективных способов наблюдения за изменением качества окружающей среды в целом. Выполнение этих работ в течение разных временных периодов позволяет выявить степень влияния человека на землю, используемую в различных целях.

Для получения объективных результатов о существующем уровне состояния земель их необходимо сопоставить по группам землепользований (землевладений), категориям земель, административным единицам (районам, областям, республике в целом). Анализ структуры использования земельного фонда производится по видам прав землепользования (собственность, владение, пользование), видам земель с учетом их количественных и качественных показателей.

Качественное состояние земельных ресурсов характеризуется различными культуртехническими показателями (закустаренность, контурность, каменистость, другими факторами, осложняющими хозяйственное использование земель).

Объектами мониторинговых наблюдений за состоянием земельных ресурсов, кроме административных образований, являются также отдельные природные территории, выделенные в процессе почвенно-географического, почвенно-экологического или природно-сельскохозяйственного районирования. Как правило, это сравнительно однородные природные территории, характеризующиеся преобладанием определенных видов земель, близким составом почв и близкими агротехнологическими условиями использования участков. Основной единицей в системе такой комплексной мониторинговой оценки уровня состояния земель является административный район.

В качестве первичных данных и источников, содержащих сведения о наблюдаемом объекте, его общей площади, распределении земель по группам и категориям землепользования, видам земель, их качественном состоянии и использовании, служат документы государственного земельного кадастра (ежегодные отчеты о наличии и распределении земель).

Выбор объектов для систематических наблюдений за состоянием земельных ресурсов осуществляется с учетом природно-климатических условий и степени антропогенного воздействия на земли.

Для определения объектов и участков наблюдений за культуртехничским состоянием земель собираются и изучаются материалы обновления планов землевладений и землепользований, почвенного обследования, культуртехнического состояния сельскохозяйственных земель, дистанционного зондирования (космо- и аэрофотосъемок разных лет), материалы, характеризующие рельеф, климатические и другие природные условия, хозяйственное состояние земель, прочие материалы. При подборе объектов и участков наблюдений учитываются имеющиеся материалы ранее проводимых работ по выявлению качественного состояния земель. На основании систематизации и анализа всей совокупности материалов выявляются ареалы распространения каменистости, закустаренности, места разработки месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способами, территории, на которых отмечено значительное количество мелких по площади контуров земель.

Участки наблюдений должны находиться в стороне от населенных пунктов, производственных центров, животноводческих комплексов, мест особо интенсивных человеческих воздействий и сохранять при этом неизменные границы на протяжении всего срока мониторинговых работ. В их пределах не должно планироваться проведение культуртехнических, гидромелиоративных и иных мероприятий, а также строительных и других работ, границы участков должны быть достаточно легко определяемыми и обозначаемыми в натуре.

Ведение горных работ закрытым способом на территориях залегания полезных ископаемых оказывает отрицательное влияние на состояние земель и ограничивает хозяйственное использование земель в результате деформаций земной поверхности. Для установления динамики просадочных явлений в местах разработки месторождений полезных ископаемых выбираются участки периодического контроля.

Площадью участков периодического контроля должна быть 5–10 га прямоугольной формы. Вершины участков закрепляются реперами,

привязываются инструментально к местным твердым ориентирам с целью получения возможности ведения мониторинговых наблюдений с достаточной точностью к пунктам опорной геодезической сети.

Подбор участков наблюдений за степенью развития просадочных явлений в местах разработки полезных ископаемых закрытым способом осуществляется с учетом сроков начала разработки полезных ископаемых. Период от начала разработки полезных ископаемых до начала мониторинговых наблюдений должен составлять не менее 2 лет.

В условиях Беларуси (особенно в районах Белорусского Поозерья) сельскохозяйственное использование земель обусловлено наличием значительного количества мелких обрабатываемых контуров (площадью 3–5 га и даже менее 2 га). Как правило, это вкрапленные в несельскохозяйственные виды земель или расположенные мозаично контуры пашни и лугов (сенокосов и пастбищ). Вместе с тем встречаются территории с вкрапленными в сельскохозяйственные виды земель контурами несельскохозяйственных видов (кустарники, болота и др.). Их границы весьма неустойчивы, и изменение границ таких контуров может быть выявлено только при систематическом наблюдении за ними. Для наблюдения за динамикой границ контуров земель подбираются участки (контуры) наблюдений площадью 0,5–1,0 га или группа участков (контуров) в зависимости от избранного метода мониторинговых наблюдений.

Результаты мониторинговых наблюдений за состоянием земель оформляются в виде статистических таблиц, графиков, карт и пояснительных записок. Анализ произошедших изменений осуществляется после проведения наблюдений и обработки их результатов. Он основан на оценке интенсивности роста или снижения количественных значений показателей: состава и структуры категорий, групп и видов земель, закустаренности (залесенности), каменистости, степени развития просадочных явлений, изменения границ и площадей контуров (ареалов) земель по отношению к базисному периоду.

Состояние и уровень изменения показателей определяется коэффициентами в виде относительных величин: удельного веса, процентного содержания, индексов ит. д. Величину всех этих изменений необходимо соизмерять с количественными параметрами, характеризующими оптимальное, допустимое, неудовлетворительное и критическое культуртехническое состояние земель (табл. 4.1).

Рассмотрим более подробно содержание и анализ результатов мониторинга земельных ресурсов (землепользования) соответствии с

делением его на отдельные элементы по данным по Республике Беларусь с учетом ее административного деления на области и районы.

Таблица 4.1. **Оценка результатов мониторинговых наблюдений за изменением культуртехнического состояния земель**

Показатель	Оценка территорий по условиям культуртехнического состояния							
	Оптимальные		Допустимые		Неудовлетворительные		Критические	
	показатель	индекс показателя	показатель	индекс показателя	показатель	индекс показателя	показатель	индекс показателя
Закустаренность, %	До 10	1,0	10,1–30,0	1,09	30,1–60,0	1,35	>60	1,96
Завалуненность, м^3/га	До 5	1,0	5,1–20,0	1,095	20,1–50,0	1,15	>50	1,21
Контурность несельскохозяйственных земель среди сельхозугодий, га	>15	1,0	15,0–9,0	1,04	9,0–2,1	1,12	<2	1,22
Просадочные явления, м	До 0,1	1,0	0,1–0,3	1,14	0,3–0,5	1,39	>0,5	1,67

Мониторинг состава и структуры почвенного покрова. Предполагает изучение количественных и качественных изменений в состоянии почв, которые обусловлены естественно-историческими и антропогенными процессами в почвообразовании. Отслеживать эти процессы можно лишь по результатам крупно масштабных почвенных обследований, которые проводятся с периодичностью в среднем через 15–20 лет. О динамике изменений свидетельствует сравнительный анализ площадей и удельного веса типов и разновидностей почв на территории отдельных групп землепользований, административных единиц и по стране в целом. Мониторинговые исследования ведутся по почвам каждой категории земель, однако самые детальные и масштабные связаны с изучением почв земель сельскохозяйственного назначения.

Наиболее широкое распространение среди почв сельскохозяйственных земель имеют дерново-подзолистые автоморфные и полугидроморфные почвы. *Автоморфные дерново-подзолистые почвы* занимают 34,3 % площади сельскохозяйственных земель и 47,0 % площади пашни. Почвенный покров из дерново-подзолистых полугидроморфных (заболоченных) почв имеет 40,5 % площади пашни и 37,2 % площади

сельскохозяйственных земель. Наиболее широко распространены дерново-подзолистые заболоченные почвы в Витебской области, где они формируются на связных породах в условиях затрудненного поверхностного стока. По уровню плодородия эти почвы значительно уступают автоморфным. В естественном состоянии они имеют более высокую по сравнению с автоморфными кислотность и менее обеспечены подвижными формами фосфора и калия. Гумуса в них содержится больше, чем в автоморфных, хотя по качественному составу он значительно хуже. В сельскохозяйственном производстве значительная часть дерново-подзолистых заболоченных почв используется под естественные сенокосы и пастбища, но основные площади их все же распахиваются. Эти почвы нуждаются в проведении агромелиоративных и гидромелиоративных мероприятий, а также в известковании и внесении достаточного количества удобрений.

Наименьшее распространение на территории Беларуси имеют *дерново-карбонатные почвы* (на 0,1% площади пахотных земель). Это наиболее плодородные почвы страны. В основном они распаханы. При соответствующей агротехнике эти почвы способны обеспечить получение урожаев зерновых на уровне 10 т/га.

Дерново-заболоченные почвы характерны для более 5 % площади пашни, а осушенные по уровню плодородия не уступают автоморфным дерновым и дерново-карбонатным почвам и пригодны для выращивания наиболее требовательных к почвенным условиям сельскохозяйственных культур. В естественном состоянии они используются под суговые (сенокосные и пастбищные) земли.

Территория Беларуси характеризуется широким распространением *торфяно-болотных почв* (на 11,3 % сельскохозяйственных земель и 4,8 % пашни). Распределение торфяно-болотных почв в пределах отдельных регионов неравномерное и отражает естественно-исторические условия формирования природных ландшафтов. На территории Беларуси наибольшее распространение имеют низинные торфяно-болотные почвы, занимающие 92 % площади органогенных почв на пахотных и 79 % – на сельскохозяйственных землях. Верховые и переходные торфяно-болотные почвы характерны для северной части Беларуси, где приурочены к водораздельным участкам, пологим склонам верхних надпойменных террас с глубоким залеганием грунтовых вод. Маломощные торфяные почвы (с мощностью торфа до 1,0 м) составляют 68,7 % площади всех торфяно-болотных почв пашни.

Мелиорированные торфяно-болотные почвы являются лучшими

(после дерново-карбонатных) почвами, способными обеспечивать получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Однако осушение и длительное интенсивное использование торфяников под пахотные земли, особенно для возделывания пропашных культур, способствует *усилению процессов минерализации* органического вещества и деградации торфяно-болотных почв.

Пойменные почвы формируются в особых условиях, создающихся в результате периодического затопления пойм полыми водами в весенний период и в период сильных дождей летом и осенью, а также неглубокого залегания грунтовых вод. Пойменные почвы характеризуются высоким потенциальным плодородием, которое, однако, может быть использовано лишь после регулирования водно-воздушного режима. Пойменные дерновые и дерново-заболоченные почвы занимают в составе почвенного покрова пахотных земель 0,5 %, сельскохозяйственных земель – 3,7 %.

Почвенный покров 3,3 % площади сельскохозяйственных земель и 1,7 % площади пашни состоит из *антропогенно-преобразованных почв.* Формируются они под влиянием антропогенного фактора, приводящего к частичному или полному изменению генетического профиля, состава, свойств и производительной способности. На территории Беларуси выявлено большое разнообразие таких почв, которые встречаются отдельными массивам и повсеместно: деградированные торфяно-болотные и осушенные минеральные, эрозионные (земли овражно-балочного комплекса), нарушенные, загрязненные (химически загрязненные и физически загрязненные), техногенно-заболоченные (вторично-заболоченные и искусственно-заболоченные) почвы.

Качественное состояние почв определяется не только их типовой принадлежностью, но и *составом почвообразующих пород.* В зависимости от гранулометрического состава почвообразующих пород почвы Беларуси подразделяются на глинистые, тяжело-, средне- и легкосуглинистые, связно- и рыхлосупесчаные, связнопесчаные и рыхлопесчаные, органогенные.

Анализ материалов почвенного обследования показывает, что на пахотных землях страны глинистые и тяжелосуглинистые почвы занимают всего лишь 0,5 %, среднесуглинистые – 1,0 %. Наиболее широко распространены легкосуглинистые почвы, на долю которых приходится 20,9 %. В условиях Беларуси наиболее плодородными являются легко- и среднесуглинистые почвы. В целом на пахотных землях преобладают супесчаные почвы (50,0 %), из них связносупесчаные составляют

20,9 %, а рыхлосупесчаные – 29,1 %. Они характеризуются большей по сравнению с суглинистыми динамичностью водного режима и несколько меньшими запасами питательных веществ, вследствие чего урожайность на этих почвах заметно снижается. Песчаные почвы имеют самый низкий уровень естественного плодородия, так как характеризуются малой влагоемкостью, высокой водопроницаемостью и небольшими запасами питательных веществ. В целом по Беларуси они занимают 21,9 % почвенного покрова пахотных земель, из них связнопесчаные – 20.9 и рыхлопесчаные – 1,0 %.

Органогенные (торфяные) почвы в почвенном покрове пахотных земель занимают 4,9 %. Из них наибольшие площади приходятся на Брестскую (11,0 %), Гомельскую (8,2 %) и Минскую (7,9 %) области. На сельскохозяйственных землях доля торфяных почв значительно больше и составляет в среднем по Беларуси 11,7 %, достигая 19,1 % в Брестской области.

Степень увлажнения также является одним из важнейших факторов, определяющих качество сельскохозяйственных земель. В целом по Беларуси в составе почвенного покрова сельскохозяйственных земель автоморфные почвы занимают 34,6 %, полугидроморфные – 51,3 %, гидроморфные – 14,1 %. Удельный вес в разной степени переувлажненных почв (полугидроморфных и гидроморфных) на сельскохозяйственных землях доставляет в среднем по стране 65,4 %.

Наряду с характеристикой почв по типам, гранулометрическому составу и увлажнению, большое значение для мониторинга их качественного состояния имеют и другие факторы, влияющие на плодородие почв. К ним в первую очередь относятся эродированность и каменистость земель.

Мониторинг эрозионно-опасных и эродированных земель. Мониторинг эрозионных процессов осуществляется в двух аспектах. Первый связан с детальными почвенными обследованиями и изысканиями, когда выявляются очаги проявления и ареалы распростри нения смыва или выдувания почвенного материала на локальном уровне (в границах отдельных землепользований или участков) Второй аспект мониторинга связан с использованием данных о площадном характере процессов эрозии и особенностях их территориального проявления. Он предполагает выделение зон или почвенных районов с учетом степени проявления эрозионных (дефляционных) процессов.

Распределение доли эродированных почв к общей площади пашни областей в процентном отношении следующее: в могилевской области

эродированные земли составляют 11,2 % от общей площади пашни, в минской области – 9,9 % от общей площади пашни, в гродненской области – 13,4 % от общей площади пашни, в гомельской области – 4 % от общей площади пашни, в витебской области – 10,7 % от общей площади пашни, в брестской области – 6 % от общей площади пашни, а в среднем по стране – 9,4 % от общей площади пашни.

Наиболее благоприятные условия для развития водной эрозии (плоскостной и линейной) сложились в районах, расположенных в пределах Минской, Новогрудской, Мозырской возвышенностей и Оршано-Могилевской равнины. Особенностью этих территорий является то, что они сложены лессами и лессовидными породами, которые при прочих равных условиях способствуют более сильному проявлению водной эрозии по сравнению со всеми другими породами. Под воздействием эрозии на этих территориях сформировался своеобразный овражно-балочный рельеф, который благоприятствует более интенсивному размыванию поверхности.

Выделены следующие градации эродированности почв: слабоэродированные земли – слабосмытые почвы составляют 30–70 %, а средне- и сильносмытые – до 15 %; среднеэродированиые земли – средне- и сильносмытые почвы составляют 15–40 (количество слабосмытых почв не учитывается); сильноэродированные земли – средне и сильносмытые почвы занимают 40–60 территории; очень сильноэродированные земли – сильно- и среднесмытые почвы составляют более 60 % площади изучаемого участка (контуре).

На основе данных оценки потенциальной эрозионной опасности территории (при наличии карт потенциального смыва) в процессе мониторинга осуществляется разделение всех обрабатываемых земель на технологические группы по возможной интенсивности сельскохозяйственного использования.

Изменение административно-территориального устройства. Всякие социально-экономические преобразования часто связывались, как показывает исторический опыт, с территориальным переустройством государства. Мониторинг всего земельного фонда государства представляет собой ретроспективный анализ всех происходивших изменений на территории в его современных границах. Все предыдущие государственные образования в ходе общественного развития оставляют на своей суверенной территории определенные «следы» цивилизации: поселения, окультуренные земли, постройки и сооружения, другие созданные человеком исторически значимые материальные

объекты. В целом они характеризуют этнические особенности развития территории, государственный строй, определенные экономические и земельно-имущественные отношения. Созданное материальное и историко- культурное наследие народом Беларуси, является его достоянием и неотъемлемой частью достижений мировой цивилизации. Исследование, идентификация, охрана, сохранение, популяризация и передача наследникам историко-культурного наследия является важной обязанностью государства, делом чести каждого его гражданина Мониторинг земель в этом плане должен способствовать сохранению историко-культурного наследия народа и использовать преимущественно материальные историко-культурные ценности и накопленный опыт землепользования для формирования и развития национальной культуры, уважения к достигнутому и сохраненному природному достоянию своей территории.

Проследить все имевшие место изменения можно в рамках организационно-правового статуса конкретных территорий, что реально осуществить через призму динамики административного устройства государства.

Мониторинг административно-территориального устройства предполагает исследование следующих аспектов развития государства в целом и его отдельных образований:

♦ изменение общей площади государства как субъекта права территориального верховенства;

♦ изменение границ государства и его структурных территориальных единиц на основе присоединения, раздела, ликвидации, обмена и т. п.;

♦ образование новых территориальных единиц разного уровня, возникновение городов и других населенных пунктов;

♦ изменение статуса административных и территориальных единиц, населенных пунктов (получение магдебургского права, ликвидация, объединение, изменение названия и т. п.).

На территории Беларуси, начиная с ранних этапов становления государственности, существовали разные административные единицы: земли, княжества, воеводства, губернии, уезды, округа, области, районы. Они в свою очередь на каждом историческом этапе составляли иерархическую систему государственного устройства, претерпевающую изменения в силу различных причин. Например, губерния основная административно-территориальная единица на территории Беларуси в 1772–1924 гг. – делилась на провинции и дистрикты, с 1775 г. на

уезды или округа.

Революция 1917 г. положила начало созданию принципиально новой системы административно-территориального деления В целом административно-территориальное устройство Беларуси на протяжении более 70 лет (1917–1990) формировалось в условиях и в соответствии с принципами и формами единого союзного государства На первом этапе революции пришлось признать границы старых административных единиц как территориальную основу деятельности местных Советов – сельских, волостных, уездных, губернских. Новая власть исходила из того, что это противоречие будет устранено, как только представятся для этого возможности. Основными административно-территориальными единицами стали области, которые делились на районы и сельские советы.

Начиная с 1960 г. структура административного устройства остается практически постоянной, изменения носили в основном количественный характер. Уменьшение численности сельского населения и людности сельских поселений, разуплотнение сельских территорий обусловили за последние 64 года уменьшение количество сельсоветов на 470 ед. Процесс активной урбанизации в 60–80-е гг. XX в. сопровождался переходом многих городских поселков в категорию городов, быстрым укрупнением городов, изменением их статуса (табл. 4.2).

Таблица 4.2. **Изменения в административно-территориальном устройстве Беларуси**

Административно-территориальная единица	Период наблюдения					
	1960	1975	1990	2005	2015	2024
Область	6	6	6	7*	7*	7*
Район	132	117	118	118	118	118
Город	69	96	102	111	111	115
Из них областного подчинения	18	33	38	19	13	10
Районы в городах	11	16	25	23	24	24
Поселок городского типа	127	109	110	97	95	85
Сельский совет	1597	1514	1447	1450	1417	1127
Сельский населенный пункт	32089	27063	25500	24022	23799	22991

Происходит некоторое перераспределение населенных пунктов между сельсоветами, районами, обусловленное в основном изменениями административного центра и переименованием сельсоветов.

За период с 1990 г. по 2024 г. с государственного учета было снято более 2500 сельских населенных пунктов. Одной из основных причин стали эвакуация и отселение жителей из самых загрязненных радио-

нуклидами территорий. Только из 30-километровой зоны Чернобыльской АЭС полностью выехали или были отселены жители 246 поселений, эвакуировано более 18 тыс. семей, переселено свыше 130 тыс. чел. В столицу республики на жительство переехало более 8 тыс. семей. Другая причина – переселение людей из малонаселенных хуторов и деревень в более крупные.

Часть населенных пунктов снято с учета по причине естественной убыли населения. Многие сельские поселения вошли в черту городов. Изменения в административно-территориальном устройстве были вызваны главным образом демографическими и экологическими факторами.

Действие экологического фактора проявилось в административных преобразованиях после аварии на Чернобыльской АЭС в непредвиденном и массовом перемещении населения из юго-восточных районов Гомельской и Могилевской областей, которое сопровождалось уменьшением численности населения на одних территориях, разуплотнением других, подселением к третьим.

Однако наряду с ликвидацией в стране регистрируются и вновь образованные отдельные административно-территориальные и территориальные единицы (населенные пункты, сельсоветы и районы). Главными причинами этих изменений служит строительство новых поселков (на базе промышленных, транспортных, рекреационных объектов), освоение земель и природных ресурсов для переселенцев из территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, регистрация бывших военных городков, строительство агрогородков и дачных поселков. Одновременно многие населенные пункты изменили названия, что было вызвано их объединением, переименованием или заменой на первоначальное название.

Изменение состава и структуры земель. Состав земель по категориям (целевому назначению) существенно претерпел изменения за годы наблюдения. Имеет место постоянное снижение удельного веса земель сельскохозяйственного назначения, увеличение процента земель лесохозяйственных организаций, населенных пунктов, а также земель природоохранного назначения (после выделения в отдельную категорию в начале 90-я гг. XX в.).

Основными факторами уменьшения площади земель сельскохозяйственных организаций за анализируемый период является передача этих земель государственным лесохозяйственным организациям (участки, занятые лесом), а также гражданам для ведения крестьянского

(фермерского) хозяйства, индивидуального жилищного строительства, ведения личного подсобного хозяйства, коллективного садоводства, огородничества, сенокошения и выпаса скота. Кроме того, осуществлялся отвод земель промышленным предприятиям и выбытие их из оборота из-за загрязнения территории радионуклидами в Гомельской и Могилевской областях.

Резкое увеличение площади земель граждан после 1990 г. вызвано изменением земельного законодательства, в соответствии с которым нормы предоставления участков для строительства жилого дома, ведения личного подсобного хозяйства, для садоводства и дачного строительства, а также для огородничества, сенокошения и выпаса скота значительно возросли.

Некоторое уменьшение площадей земель граждан в 1995–2005 гг. вызывается снижением потребностей участков для коллективного садоводства, сенокошения и выпаса скота в сельской местности.

В результате проведения земельной реформы после 1990 г. появились земельные участки, предоставленные гражданам для ведения крестьянских (фермерских) хозяйств. Их число вначале резко возрастало, затем рост замедлился, и в последние годы имеет место даже уменьшение количества хозяйств. Однако площади фермерских хозяйств в целом увеличиваются благодаря законодательной отмене ограничений в предоставлении земель.

Мониторинг трансформации земель. Трансформация – это превращение, преобразование, переход явления или объекта из одного состояния (вида) в другое, отличное от первого по ряду характерных признаков. Трансформация земель представляет собой переход или преобразование одного вида использования земель в другой. Для мониторинга земель с учетом причинно-следственных связей важно различать:

♦ естественную трансформацию – изменение вида земель в ходе естественной эволюции экосистем в ландшафте;

♦ антропогенную трансформацию – целенаправленный, сознательный перевод одного вида земель в другой с учетом социально-экономических задач развития землепользования;

♦ ретрансформацию – обратный переход или перевод земель из существующего в прежний (существовавший ранее) вид использования.

Сельскохозяйственные земли в Беларуси являются основным видом природопользования по занимаемой площади. Их доля составляет около 45 % от всей территории страны. С течением времени в пространственной структуре сельскохозяйственного производства происходят

изменения. Для планирования мероприятий по ее оптимизации следует учитывать направленность подобных изменений. Выявление указанной направленности должно опираться на ретроспективный анализ структуры сельскохозяйственных земель. В качестве временного интервала целесообразно выбрать тот период, когда сельское хозяйство в стране перешло на интенсивный путь развития, которому присущи свои закономерности.

Подобный переход в Беларуси произошел в 60-е гг. XX в., поэтому конец 60-х – начало 70-х гг. можно принять за начальную точку анализа. Для того чтобы достаточно полно представить изменения сельскохозяйственных земель, следует охарактеризовать их по следующим двум направлениям: изменение их внутренней структуры и пространственные изменения в распределении данных видов земель по территории страны.

Пространственные изменения в сельскохозяйственном освоении территории страны можно оценить количественно с использованием такого показателя, как индекс территориальной концентрации земель. Он рассчитывается по тому, какую долю в общей площади страны занимает территория с наивысшим уровнем сельскохозяйственного освоения, в пределах которой сосредоточено 50 % этих земель.

Произведенные расчеты названного индекса за 1970 и 2000 гг. показали, что его величина практически осталась на одном и том же уровне и составила в обоих случаях около 40 %. Подобные значения индекса свидетельствуют о том, что степень концентрации сельскохозяйственных земель по стране в целом остается стабильной.

Таким образам, трансформация пространственной структуры сельскохозяйственных земель на территории Беларуси происходит в соответствии с общемировыми тенденциями и ориентирована на усиление избирательности в сельскохозяйственном освоении территории в сторону роста использования более плодородных почв и снижения менее плодородных. Дальнейшее развитие рыночных отношений в стране должно усилить подобную направленность и способствовать увеличению контрастности в размещении сельскохозяйственных угодий.

Динамика мелиоративного и культуртехнического состояния сельскохозяйственных земель. Мониторинг мелиоративного и культуртехнического состояния земель предусматривает проведение исследований в двух аспектах: наблюдение за изменением площади осушенных, (орошаемых и других земель мелиоративного фонда, а также стационарные наблюдения за изменением состояния этих земель.

Стационарные мониторинговые исследования мелиорированных земель в Беларуси проводились различной давности освоения и сельскохозяйственного использования (от одного года до 30–50 лет), с различными приемами мелиорации (открытая сеть каналов, сочетание открытых каналов с гончарным дренажем, польдерное осушение и др.).

Для анализа *динамики каменистости* сельскохозяйственных (как правило, пахотных) земель на почвах, развивающихся преимущественно на моренных н водноледниковых породах, подбираются участки периодического контроля размером 10×10 м, вершины которых привязываются по возможности инструментально к местным ориентирам. В содержание мониторинговых наблюдений за динамикой каменистости земель входят:

1) определение показателя каменистости (в метрах кубических на гектар);

2) степень покрытия поверхности камнями;

3) средний диаметр камней (в сантиметрах) и масса (в килограммах).

Для определения степени покрытия поверхности камнями применяется метод сплошного покрытия. Для этого камни, лежащие на поверхности участка наблюдения, укладываются плотно друг к другу слоем в форме квадрата или прямоугольника. Определяется занимаемая ими площадь и вычисляется процент покрытия по отношению к площади всего участка наблюдения. Сбору подлежат камни диаметром более 5 см.

Для определения среднего диаметра камней производятся три взаимно перпендикулярных измерения диаметра камня, рассчитывается среднее значение диаметра каждого камня и средневзвешенное значение диаметра всех камней. Масса камней определяется их взвешиванием по отдельности или суммарно.

Для наблюдений за изменением каменистости подбираются два участка в непосредственной близости друг от друга. На одном из участков после выполнения всех операций камни разбрасываются по территории, с другого – выносятся за пределы участка.

Участки наблюдений за динамикой *степени закустаренности* (залесенности) подбираются в натуре на контурах закустаренных (залесенных) луговых земель (сенокосов, пастбищ). Вершины участков наблюдений размером 100×100 м закрепляются на местности твердыми точками (железобетонными столбами, металлическими штырями и т. п.). Степень закустаренности (залесенности) подобранных участков наблюдений должна составлять не менее 20 % и не более 50 %. Участки

наблюдений подбираются на почвах различного типа почвообразования и гранулометрического состава.

Для анализа динамики закустаренности (залесенности) территории на подобранных участках наблюдений определяются степень закустаренности (залесенности), средняя высота кустарников (деревьев) (в метрах) и средний диаметр стволов (в сантиметрах) на высоте 1,3 м.

Площадь закустаренной (залесенной) территории определяется непосредственным измерением в натуре или по фотоизображению на контактных аэрофотоснимках или неотбеленных фотопланах с последующим уточнением в натуре, а высота и диаметр стволов древесно-кустарниковой растительности – измерением на местности.

Степень закустаренности (залесенности) – это отношение данных о суммарной площади, занимаемой проекциями крон кустарников (деревьев) на участке наблюдения, к общей площади участка наблюдения. Степень закустаренности (залесенности) определяется, как правило, по фотоизображению с помощью квадратной палетки, соответствующей площади участка. Палетка должна быть размером 1 см^2 с разбивкой на 100 мм^2. На фотоплане (аэрофотоснимке) определяется местоположение подобранного и закрепленного в натуре участка наблюдения, на котором оконтуриваются проекции крон. На участок наблюдений накладывается палетка и подсчитывается число занимаемых куртинами целых квадратов, которое будет соответствовать проценту закустаренности (залесенности). Если куртины занимают большую часть площади участка наблюдений, то целесообразно вести счет квадратов чистой площади. В этом случае процент закустаренности (залесенности) определяется вычитанием из 100 числа квадратов чистой площади (100–n). При наличии специальных компьютерных программ обработка аэрофотоснимков производится с применением ГИС-технологий.

Проведенные многолетние мониторинговые исследования позволяют сделать выводы по изменению свойств осушенных почв, их эволюции и деградации. Происходит эволюция и деградация осушенных почв, особенно торфяных. Мониторинговыми исследованиями выявлены резкие изменения микро- и мезорельефа. Идеально равнинные болотные массивы превращаются во взбугренные с относительными высотами от 1,5 до 3,0 м и более, увеличивается пестрота почв по увлажнению. Усложняется регулирование водного режима почв. Полученные данные мониторинговых исследований свидетельствуют о том, что изменения почв под влиянием осушения и использования представляют собой закономерный процесс перехода почв в новые эволюционные

стадии их состояния и функционирования. Это ведет к образованию новых видов и типов почв, не встречающихся в естественных условиях. Интенсивность изменений мелиорированных почв значительно повышает ход данных процессов в естественных почвах, что ведет к их ускоренной трансформации (чаще деградационной направленности) и прохождению эволюционных стадий вплоть до полного исчезновения исходных почв. Длительность эволюционных преобразований зависит от генетических особенностей почв, их гранулометрического состава, типичности основных почвенных параметров для зональных условий и уровня грунтовых вод. В морфологии мелиорированных почв в первую очередь преобразуются основные признаки заболоченности, а в песчаных почвах они часто исчезают вообще. Дерновые заболоченные почвы испытывают более существенные морфологические изменения, чем дерново-подзолистые заболоченные. Они переходят на ступень ниже по степени заболоченности. В мелиорированных торфяно-болотных почвах идет уменьшение мощности торфа. Процесс минерализации торфа на мелиорированных землях не может быть остановлен, а лишь растянут во времени.

Воздействие мелиорации не ограничивается изменением уровня грунтовых вод. В сферу подобного антропогенного влияния вовлекаются связанные с грунтовыми водами напорные водоносные горизонты. При оптимальном водном режиме и луговодческом использовании торфяных почв на конечной относительно устойчивой стадии эволюции будут антропогенные минеральные почвы, близкие к природным аналогам – дерновым глееватым. При переосушении эволюция этих почв завершится на стадии антропогенных минеральных почв, близких по свойствам и плодородию к зональным дерново-подзолистым.

Мониторинг территориальной структуры (контурности) земель. Эффективность использования земельных ресурсов и ведения сельского хозяйства во многом зависит от контурности пахотных и других сельскохозяйственных земель. Каждый вид земель (угодье) имеет конечные размеры, обусловленные природными, топографическими, технологическими, хозяйственными и иными условиями. Контур как пространственно-геометрическое понятие – территория, имеющая однородное свойство на всем своем протяжении и замкнутую внешнюю границу. В принципе любой однородный земельный участок всегда может быть представлен в двухмерном пространстве отдельным контуром или набором контуров (ареалов). Контуры имеют разнообразную конфигурацию, различаются по площади (размеру) и особенностям размещения

в пространстве, в том числе взаимным размещением. Различают точечные, линейные и площадные контуры

Для оценки контурности земель используют ряд показателей, в первую очередь средний и средневзвешенный размер их статистической совокупности на изучаемой территории.

Динамика экологического разнообразия. Экологическое разнообразия в пространственно-территориальном выражении представляет собой функцию сочетания и взаимного размещения земельных участков, которые играют в ландшафте разную эколого-экономическую роль. Эти различные по площади и форме (площадные, точечные, линейные или комбинированные) участки формируют национальную экологическую сеть. Национальная экологическая сеть представляет собой систему природно-территориальных комплексов со специальными режимами природопользования, обеспечивающую естественные процессы движения живых организмов, энергии, вещества и имеющее большое значение в поддержании экологического равновесия и обеспечении устойчивого развития территорий разного уровня (группы землепользований, региона, страны в целом), сохранении биологического и ландшафтного разнообразия Для решения многих задач экологии и природопользования используют показатели удельного веса земель средостабилизирующего, природоохранного, почвозащитного, рекреационного и иного назначения.

Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения. В системе государственного мониторинга земель условно выделяют его основные части для оценки изменения среди отдельных категорий землепользователей, землевладельцев и собственников земли, видов и групп земель с учетом их целевого назначения и хозяйственного использования.

Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения представляет собой систему оперативных, периодических и базовых (исходных) наблюдений (аэрокосмическая съемка, наземные, гидрометеорологические, статистические наблюдения) за изменением качественного и количественного состояния земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, как природного и производственного объекта для ведения сельского хозяйства. Мониторинг этой основной категории государственного земельного фонда проводится с определенной периодичностью для оценки хозяйственного использования продуктивных земель, обследования состояния этих земель, почв и их растительного покрова.

Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения включает в себя систематические наблюдения за:

♦ состоянием и использованием земельных участков, предоставленных сельскохозяйственным организациям, фермерским хозяйствам и другим субъектам землепользования для ведения товарного хозяйства в разрезе крупных земельных массивов, полей севооборотов, рабочих участков, полигонов, ареалов и контуров;

♦ параметрами динамики плодородия почв и развитием процессов их деградации (изменением реакции почвенной среды, содержанием органического вещества и элементов питания, разрушением почвенной структуры, засолением, заболачиванием, переувлажнением, подтоплением земель, развитием водной и ветровой эрозии, загрязнением почв пестицидами, тяжелыми металлами, радионуклидами, промышленными, бытовыми и иными отходами, изменением других свойств почв);

♦ изменением состояния растительного покрова на пахотных, залежных, луговых (сенокосных и пастбищных землях), в садах и ягодниках – изменением видового состава, структуры урожая, типов и качества растительности, степенью устойчивости к антропогенным нагрузкам.

При проведении мониторинга сельскохозяйственных земель решаются следующие задачи:

♦ своевременное выявление изменений состояния сельскохозяйственных земель, оценка этих изменений, прогноз и выработка рекомендаций по повышению их плодородия, предупреждению и устранению последствий негативных процессов;

♦ получение данных на основе систематического обследования плодородия почв и наблюдений за качественным состоянием и эффективным использованием сельскохозяйственных земель как основного ресурса сельскохозяйственной деятельности с помощью геоинформационных технологий и тематического картографирования;

♦ мониторинг состояния культурной растительности на сельскохозяйственных землях;

♦ оценка плодородия почв сельскохозяйственных земель и учет их состояния;

♦ формирование информационных ресурсов о сельскохозяйственных землях в целях анализа, прогнозирования и выработки земельной политики в сфере земельно-имущественных отношений и управления земельными ресурсами сельскохозяйственного назначения, ведения государственного кадастра;

♦ получение данных для оперативной организации эффективного

использования земель в сельском хозяйстве, их мелиорации и охраны;

♦ обеспечение доступа юридических и физических лиц к информации о состоянии сельскохозяйственных земель;

♦ участие в международных программах (обеспечение выполнения международных обязательств).

Данные, полученные в ходе проведения мониторинга, используются при подготовке государственного доклада о состоянии и использовании земель в Республике Беларусь.

Мониторинг земель лесного фонда. Земли лесного фонда – это одно из важнейших составляющие национального достояния Беларуси. Они являются не только источник сырьевых и энергетических ресурсов, но и сокровищницей уникального биологического и ландшафтного разнообразия, важным средообразующим и природоохранным фактором, одним из главных условий обеспечения жизни людей. Цель государственной политики в области управления землями лесного фонда состоит в выработке, законодательном закреплении и реализации устойчивого, сбалансированного развития лесного хозяйства Беларуси на основе целенаправленного, долговременного, экономически выгодного взаимоотношения человека и лесных экосистем, при котором периодическое изъятие лесных ресурсов не вызывает их деградации. В современных условиях обеспечь целостность лесных экосистем можно только посредством мониторинга лесных земель как важнейшего инструмента механизма обеспечен устойчивого управления лесами и лесными ресурсами.

Леса Республики Беларусь, занимающие около 39 % ее территории и имеющие запас древесины более 1,3 млрд. м^3, являются главной сырьевой базой страны. В современных экономических условиях древесина вообще приобретает значимость как сырье-энергоноситель. Кроме того, лес – важнейший источник биологического разнообразия. Здесь сосредоточены основные богатства многих видов фауны и флоры: 467 видов позвоночных, более 30 тыс. видов беспозвоночных, 74 вида млекопитающих, более 300 видов птиц, около 60 видов рыб.

Общая площадь земель государственного лесного фонда Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2024 г. составляет 8838,8 тыс. га с общим запасом корневой древесины 1350 млн м^3. Покрытые лесом земли занимают 84,9 % общей площади государственного лесного фонда и 94,9 % – общей лесной площади.

На леса первой группы (природоохранного и средостабилизирующего назначения) приходится 49,7 % общей площади государственного

лесного фонда. В их составе водоохранные леса занимают 31,1 %; защитные – 26,1; санитарно-гигиенические и оздоровительные – 30,0; леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях, – 12,8 %.

Существующую лесистость территории (39 %) в целом для страны можно считать оптимальной величиной. Однако распределение земель государственного лесного фонда по территории Беларуси весьма неравномерное. Из 118 административных районов 17 имеют лесистость более 50 %, например Россонский – 65, Лельчицкий – 66 %, а четыре района отличаются весьма малой лесистостью: Жабинковский – 18 %, Берестовицкий – 15, Зельвенский – 15, Несвижский – 10 %.

История зарождения мониторинга земель лесного фонда неразрывно связана с историей лесоустройства, осуществляемого на протяжении более 150 лет. Основными задачами лесоустройства являются инвентаризация и учет государственного лесного фонда, а так как оно проводится систематически и с определенной периодичностью, то по сути осуществляет мониторинг природных ресурсов государственного лесного фонда.

Объект мониторинга – земли государственного лесного фонда. Его стратегическими целями являются обеспечение рационального, комплексного использования земель и природных ресурсов государственного лесного фонда, сохранение средообразуюших, водоохранных, защитных, санитарно-гигиенических и иных функций леса, эффективное воспроизводство, охрана и защита леса. К тактической цели мониторинга относится повышение эффективности использования земель и ведения лесного хозяйства путем принятия обоснованных управленческих, проектных и технологических решений. Методической основой мониторинга служит используемая нормативная документация лесоустройства и лесного хозяйства. Временные параметры мониторинга охватывают периодичность наблюдений от 1 раза в 10–15–20 лет (базовое лесоустройство) до ежегодного (непрерывное лесоустройство государственный учет лесного фонда) и обеспечивают отслеживание изменений, происходящих в лесном фонде в соответствии с информационными потребностями.

Мониторинг представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза состояния и динамики природных ресурсов государственного лесного фонда для обеспечения систематического контроля за количественными и качественными изменениями его объектов По результатам мониторинга формируется банк данных комплексной информации,

включающий базу данных о землях лесного фонда и его ресурсах, базу данных государственного лесного кадастра и государственного учета лесного фонда и базу данных аэрокосмической информации.

База данных о лесном фонде содержит информацию о *таксации* (запасах лесных ресурсов и состоянии лесов), картографических материалах, древесных ресурсах лесосечного фонда, товарной структуре древостоев, о фондах побочных пользований, лесной статистике, нормативных правовых актах. Сюда поступает информация по результатам лесоустройства и обследований различных объектов лесного фонда. Результаты лесоустройства содержат данные таксации и картографии, полученные в ходе инвентаризации состава земель лесного фонда по видам земель, породного и возрастного состав лесов, их состояния, а также количественной и качественной характеристик лесных ресурсов.

Учетными единицами при ведении мониторинга являются единицы измерения площади участков государственного лесного фонда, объема (запаса) древесины, длины (протяженности) транспортных путей, противопожарных устройств, таксационные показатели и показатели продуктивности лесов, единицы объема связываемой лесными насаждениями углекислоты, массы недревесных ресурсов леса, стоимости лесных ресурсов.

Вся мониторинговая информация является основой для разработки стратегии и тактики природопользования и принятия управленческих решений в области лесоуправления и лесопользования.

В системе мониторинга лесных земель особое место отведено комплексному аэрокосмическому мониторингу лесного фонда, поскольку он позволяет оперативно (в режиме реального времени) оценивать состояние лесов, в том числе последствия природных и антропогенных воздействий и осуществлять раннюю диагностику кризисного состояния лесных насаждений.

На территории лесного фонда Беларуси создана растровая биоиндикаторная национальная сеть лесного мониторинга. Она включает 1450 пунктов постоянного учета (на сети 16×16 км, 8×8 и частично 4×4 км) и 80 постоянных пробных площадей, заложенных по принципам биоиндикаторной сети. Наблюдения ведутся за 34 тыс. учетных деревьев на пунктах постоянного учета и 12,4 тыс. деревьев на пробных участках.

Методика исследований предусматривает два уровня осуществления мониторинга. На первом выполняются визуальная оценка и морфометрические измерения, включая разовое описание почв, отбор и анализ

образцов почв и хвои (листвы), на втором – регулярный гармонизированный отбор и анализ образцов почвенного раствора, осадков, проб воздуха, листвы (хвои), детальный учет растительности, оценка роста и продуктивности, а также метеорологические и фенологические наблюдения.

В системе мониторинга лесных земель особое место занимает подсистема мониторинга *лесных избыточно увлажненных земель*. Она представляет собой систему регулярных наблюдений и оценки состояния экосистем покрытых лесом заболоченных лесных земель с целью оценки их состояния, тенденций развития и прогноза изменений в будущем при существующих уровнях воздействия (активная, пассивная мелиорация, рубки), информационного обеспечения лесоуправления, направленного на сохранение и рациональное использование лесных, торфяных и водных ресурсов, ведение устойчивого лесного хозяйства, обеспечивающего сохранение биоразнообразия, поступления углерода в атмосферу, средообразующих свойств лесов.

В процессе мониторинговых работ на переувлажненных землях осуществляется сбор данных о степени и интенсивности повреждения лесов абиотическими, биотическими и антропогенными факторами, о динамике этих повреждений, а также о процессах, происходящих в лесных почвах, связанных с изменением кислотности, содержания органики, степени разложения, зольности и мощности торфа, депонированием или выделением углерода. *Специфика мониторинговых наблюдений* предусматривает распределение показателей состояния отдельных лесообразующих пород в пределах типов болот. Отнесение выдела и размещенного на нем учетного пункта к тому или иному типу болот производится исходя из характеристик состава и бонитета древостоя, типа леса, типа условий местопроизрастания и данных лабораторных анализов ботанического состава, степени разложения, зольности и кислотности торфа, кислотности минеральных почв.

На данном этапе основным элементом мониторинга является непосредственное наблюдение за состоянием болотных и заболоченных почв (включая лесную подстилку и моховой очес), в которых заключена основная доля депонированного в экосистемах углерода, а также за состоянием древесной растительности на покрытых лесом территориях.

В связи с тем, что часть земель лесного фонда размещается на осушенных землях, в системе мониторинга выделяется мониторинг мелиорированных лесных земель. Он является частным мониторингом, осуществляемым на мелиорированных лесных землях и представляющим

собой систему наблюдений, оценки и прогноза состояния компонентов лесных и болотных биогеоценозов. Выполняется с целью установления прямого и косвенного влияния гидролесомелиорации на лесоболотные биоценозы, разработки системы ведения лесного хозяйства на мелиорированных землях, определения эффективности работы лесоосушительных систем, а также для разработки мероприятий, обеспечивающих минимизацию отрицательных последствий осушения и эффективное хозяйственное использование мелиорированных лесных земель.

Эколого-мелиоративный мониторинг мелиорированных лесных земель просматривает:

♦ организацию регулярных наблюдений за мелиорированными землями и достоянием гидролесомелиоративных систем;

♦ изучение влияния мелиорации на водный режим, состояние почвенного покрова и лесной растительности;

♦ оценку и прогноз изменения лесорастительных условий в зависимости от параметров осушительной сети и длительности осушения;

♦ разработку рекомендаций по проведению лесохозяйственных мероприятий;

♦ предоставление мониторинговой информации по установленным формам и регламентам в Главный информационно-аналитический центр НСМОС.

Этот вид мониторинга осуществляется на объектах сети, развернутой на гидромелиорированных лесных землях лесного фонда и охватывающей все три подзоны системы геоботанического районирования республики. Сеть состоит из 13 стационаров, выделенных в их границах 20 ключевых участков, 13 экологических профилей, постоянных пробных площадей, 140 скважин и 117 точек наблюдений за уровнем грунтовых вод (УГВ).

По результатам обследования состояния гидросети и таксации леса дается оценка эффективности мелиорации и осуществляется контроль за состоянием проводящей и регулирующей сетей.

Учет и инвентаризация мелиорированных земель и гидролесомелиоративных систем в лесном фонде республики осуществляются по отдельному заданию один раз в 10 лет. Объем работ и порядок их выполнения определяются техническим заданием.

Отдельным разделом мониторинга земель лесного фонда является *радиационный мониторинг государственного лесного фонда* – система постоянных, долговременных наблюдений, контроля и оценки состояния участков государственного лесного фонда, подвергшихся

радиоактивному загрязнению, и прогнозирования ее изменений. Он является составной частью радиационного мониторинга природной среды республики и осуществляется с 1993 г. на всей территории радиационно-загрязненных земель лесного фонда, находящегося в ведении Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь (1,7 млн га).

Целями радиационного мониторинга являются детальное изучение радиационной обстановки в лесах путем проведения радиоэкологических исследовании, накопление информации и разработка на ее основе кратко- и долгосрочных прогнозов загрязнения лесов и лесной продукции, рекомендаций по ведению лесного хозяйства и пользованию лесов и его продукцией в различных зонах радиоактивного загрязнения и типах лесорастительных условий.

В задачи радиационного мониторинга входят:

♦ изучение вертикальной миграции, запаса и накопления радионуклидов в почве лесных насаждений;

♦ определение путей распространения радионуклидов в компонентах биоценоза;

♦ установление Зависимости уровней загрязнения компонентов биоценоза от уровней загрязнения лесных почв

♦ изучение динамики радиационного загрязнения лесных биоценозов различными радионуклидами.

Работы проводятся на объектах сети радиационного мониторинга, включающей 88 площадок постоянного наблюдения, расположенных в различных зонах радиоактивного загрязнения и типах лесорастительных условий.

Контролируемыми параметрами радиационного мониторинга являются запас радионуклидов в почве и удельная радиоактивность в пробах объектов мониторинга (по цезию-137).

Мониторинг земель охраняемых и особо охраняемых территорий. Мониторинг земель охраняемых и особо охраняемых территорий включает наблюдение за землями лесных рекреационных, парковых и лесопарковых территорий, за состоянием бульваров и скверов, озелененных земель общего пользования в населенных пунктах, а также в национальных парках.

Мониторинг лесных рекреационных и лесопарковых территорий включает в себя определение рекреационной нагрузки для отдельных участков лесного и лесопаркового массива и проведение зонирования территории по уровням рекреационной нагрузки. Он проводится на основе изучения плана лесоустройства, разработанного для данной

территории. Нагрузка на земли определяется натурными обследованиями территории в наиболее посещаемые дни, а также степенью нарушения напочвенного покрова. По результатам мониторинга разрабатываются мероприятия по благоустройству наиболее посещаемых участков и проведению в необходимых случаях почвозащитных посадок.

При проведении мониторинга за лесопарковыми территориями очень важно установить, определены ли на картографическом материале границы земельных участков (объектов мониторинга) и вынесены ли они в натуру. Важнейшей задачей мониторинга является определение состояния насаждений по характерным учетным показателям и степени жизнестойкости (устойчивости к внешним воздействиям) растений. При оценке состояния земель учитываются наличие лесной подстилки, почвенного покрова, здоровых и поврежденных насаждений, необходимость проведения лесокультурных работ, рубок, ухода и профилактических санитарно-защитных мероприятий.

В процессе мониторинга важно оценить фактическую рекреационную емкость (нагрузку) территории по сравнению с нормативной экологически допустимой. Нормативная емкость лесной территории в зависимости от типа леса составляет в среднем 3–5 человек на 1 га, а рекреационный режим устанавливается в соответствии с табл. 4.3.

Таблица 4.3. **Рекреационная емкость лесных территорий**

Типы леса	Рекреационная нагрузка, чел./га		
	Естественные леса	Режим	
		лесопарковый	парковый
Зеленомощные	4–5	10–60	<60
Долгомощные	4–5	6–40	<40
Сфагново-болотные	3–4	5–30	<30
Травяно-болотные	3–4	4–25	<25
Лишайниковые	2–3	4–15	<15

Емкость может быть увеличена за счет прокладки дорожной сети, установки мусоросборников, устройства экологических троп, т. е. превращения леса в лесопарковую территорию. При увеличении рекреационной нагрузки должна возрастать плотность дорожно-тропиночной сети в пересчете на 1 га территории.

При увеличении рекреационной нагрузки от 6 до 50 чел. в зависимости от типа леса устанавливается лесопарковый режим, предусматривающий определенный уровень благоустройства и устройство дорожно-тропиночной сети. Движение по территории свободное, но дороги и

тропинки побуждают посетителей двигаться по ним.

При более высокой рекреационной нагрузке устанавливается парковый режим, предусматривающий движение посетителей только по дорожкам и площадкам. Минимальный удельный вес дорожно-тропиночной сети при лесопарковом режиме принимается не менее 10 %.

Мониторинг земель парковых территорий осуществляется с учетом общего классификационного признака парка, который предоставляет все возможные с использованием зеленых насаждений виды активного и пассивного отдыха для всех демографических групп населения с преобладанием зоны тихого отдыха (прогулочной зоны). В парках зона тихого отдыха должна составлять не менее 70 % всей территории.

Важной и, по существу, ключевой задачей мониторинга земель является зонирование территории по рекреационной нагрузке. На любом объекте озеленения есть участки, привлекающие посетителей в наибольшей степени (берега водоемов, памятники природы и архитектуры, композиционные центры и др.), и есть участки с наибольшим рекреационным давлением. Нагрузка определяется по следующим градациям: до 40 чел./га, 40–60, 60–100, 100–150, свыше 150 чел./га. Косвенным признаком несоответствия рекреационной емкости объекта рекреационной нагрузке является степень уплотнения почвы и наличие суховершинности у деревьев.

Зоны рекреационной нагрузки наносятся на копию плана в масштабе 1:1000 или 1:2000 с указанием рекреационной нагрузки. В пределах выделенной зоны указывается также плотность дорожно-тропиночной сети.

На наиболее типичных участках берутся пробы почвы для анализа содержания азота, фосфора, калия, а также выполняется определение pH (степени кислотности почвы).

В процессе мониторинга оценивается состояние газонов, цветников, а также малых форм архитектуры, инженерных коммуникаций и сооружений, обеспечивающих нормальное обслуживание парковых территорий.

Мониторинг состояния бульваров и скверов начинается с проверки границ сквера и бульвара, насколько точно они нанесены на планах и закреплены на местности.

Ключевым в мониторинге является определение соответствия рекреационной емкости объекта рекреационной нагрузке. Проверяется соотношение между количеством посетителей, удельным весом дорожно-тропиночнрй сети и конструкциями дорожных одежд.

При нахождении до 100 чел. в пересчете на 1 га удельная плотность дорожно-тропиночной сети должна составлять не менее 20 %. При увеличении рекреационной нагрузки до 100–150 чел. удельная плотность дорожно-тропиночной сети должна быть 25 %. При рекреационной нагрузке свыше 150 чел./га плотность дорожно-тропиночной сети Должна быть увеличена до 30–35 %. Очень важно проверить соответствие плотности пешеходного потока конструкциям дорожных одежд сквера и бульвара.

В процессе мониторинга бульваров и скверов также оценивается состояние насаждений, почвы, газонов, малых форм, инженерных сетей. Данный вил мониторинга требует выявления деревьев и кустарников, высаженных с нарушением технических зон инженерных коммуникаций.

Мониторинг озелененных земель общего пользования в населенных пунктах включает наблюдение за состоянием земель под жилой застройкой, участков, выделенных под детсады-ясли, школы, объекты культурно-бытового обслуживания.

При этом учитывают, что жилая территория имеет сложную структуру, включающую как площадь застройки жилых зданий, так и проезды автостоянки, детские игровые площадки, спортивные площадки, площадки отдыха, хозяйственные площадки для установки мусоросборников, сушки белья, выбивания ковров, выгула собак. Сюда следует отнести также прогулочные и транзитные дорожки, газоны с посадками деревьев и кустарников, цветники.

Мониторинг жилой территории начинается с оценки соответствия архитектурно-планировочной организации территории нормативны' показателям. Важной составляющей мониторинга является оценка состояния и организации дорожно-строительной сети и системы площадок на жилой территории. Одновременно оценивается состояние малых форм архитектуры, газонов и цветников.

Мониторинг земель в национальных парках призван отслеживать изменение земель под влиянием посещающих отдельные зоны парка людей. Статус национального парка обязывает вести постоянное наблюдение за естественными процессами, происходящими на его территории. Для этого в разных его уголках созданы постоянные пробные площади, которые являются эталонными для данного охраняемого объекта, это неприкосновенные участки, на которых запрещено собирать даже грибы и ягоды. Все деревья на них пронумерованы, здесь ученые анализируют, как умирают деревья и как они возрождаются. Здесь нет

искусственных посадок, все деревья разновозрастные. Нельзя трогать даже травинку, не говоря уже о гниющем дереве (оно потом превратится в гумус).

В процессе наблюдений и анализа состояния земель национальных парков учитывают нормы предельно допустимого количества отдыхающих для каждого вида ландшафтов. Главным условием рационального использования и охраны природы рекреационных ландшафтов должно быть соблюдение соответствия между фактической и допустимой посещаемостью мест отдыха (таблица 4.4).

К мерам, которые могут снизить чрезмерную концентрацию отдыхающих, относится создание на территории мест, особо привлекательных для отдыхающих, которые отвлекут их от наиболее уязвимых в природном отношении участков: площадок для осмотра, аллей, прудов, закрепления постоянных мест за кострищами, спусками к воде, организацией площадок для разбивки палаток.

В местах массового отдыха также необходимо проводить некоторые мероприятия по благоустройству, которые одновременно повысят и устойчивость природного комплекса. Это создание открытых полян в сплошном лесном массиве, приведение в порядок и уход за лесными дорогами и тропами, в наиболее вытоптанных и иссушенных местах – дополнительное увлажнение почвы поливом, осушение заболоченных мест, расчистка водоемов, укрепление их берегов.

Таблица 4.4. **Продольно допустимое количество отдыхающих в различных типах природных комплексов, чел./га**

Рельеф и тип ландшафта	Группы типов лесов					
	Ельники	Ельники влажные	Сосняки	Сосняки влажные	Березняки и осинники	Березняки и осинники влажные
Пологоволнистые суглинистые равными при:						
кратковременном отдыхе	30	20	35	25	50	37
длительном отдыхе	11	7	12	9	18	13
Плоские равнины, сложенные суглинками с прослойками песков:						
кратковременном отдыхе	20	12	25	15	37	25
длительном отдыхе	7	4	9	5	13	9

Мониторинг земель под водными объектами. Общая площадь земель под водными объектами составляет 464,6 тыс. га. Все водные объекты подразделяются на водоемы (озера, водохранилища, пруды, копани) и водотоки (реки, ручьи, каналы, канавы). Названные водные объекты обеспечивают запасы водных ресурсов на территории Беларуси, которые включают в себя поверхностную и подземную составляющие. Общие поверхностные водные ресурсы Республики Беларусь составляют 57,9 км^3, из которых 34,0 км^3 формируются в ее пределах. Всего в республике насчитывается 20800 рек, общая протяженность которых более 90,5 тыс. км. Среди рек крупных (протяженностью более 500 км) насчитывается 6, средних (от 101 до 500 км) – 41, малых (25–100 км) – 370, самых малых (до 25 км) – 20,4 тыс. В стране 10800 озер и 145 действующих водохранилищ, разведано 256 месторождений подземных вод. Из общего числа водохранилищ на долю малых (с объемом водных масс до 0,05 км^3) приходится 86,7 %, небольших (0,05–0,2 км^3) – 11,1 и средних (> 0,2 км^3) – 2,2 % от общего количества.

Мониторинг земель под объектами поверхностных вод направлен на выявление динамики изменения площади и структуры названных объектов, особенностей их территориального размещения. В процессе мониторинга следует учитывать, что все земельные участки в составе земель водного фонда подразделяются на группы.

Первая группа включает в себя земельные участки, занятые обособленными водными объектами (озерами, реками, водохранилищами).

Вторая группа включает в себя земельные участки, занятые сооружениями, предназначенными для защиты от наводнений и разрушений берегов водохранилищ, берегов и дна русел рек; сооружениями (дамбами), осаждающими хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций.

Третья группа включает в себя земельные участки в составе земель водоохранных зон водных объектов, а также земель, выделяемых для установления полос отвода и зон охраны водозаборов, гидротехнических сооружений и иных водохозяйственных сооружений и объектов.

Мониторинг земель под водотоками связан прежде всего с изучением структурных изменений в площадях и протяженности искусственных вновь построенных каналов, коллекторов, канав, а также преобразованных естественных водотоков (отрегулированных или спрямленных участков рек и ручьев). Подобные изменения происходят в зонах масштабных мелиоративных работ. К отрегулированным относятся все естественные водотоки, русла которых канализированы по всей длине

или на отдельных участках, а также зарегулированные шлюзами для поддержания судоходного режима участки рек (табл. 4.5).

При этом мониторинговые исследования целесообразно осуществлять в пределах водосбора больших и средних рек. Как видно из приведенных данных, в результате проведенных мелиоративных работ в Беларуси более 500 малых рек на протяжении 7215 км отрегулированы (изменены их русла и берега). Если естественные водоемы практически не изменяются по своим размерам, то увеличение площади под водными объектами и объема водных запасов происходит за счет введения в эксплуатацию искусственных водохранилищ.

Современные водохранилища представляют собой достаточно сложные гидротехнические сооружения, поэтому организация систем мониторинга на территориях, прилегающих к гидротехническим сооружениям, является актуальной задачей. Ее решение связано с необходимостью учета часто бесконтрольного сброса в водохранилища неочищенных стоков, смыва с полей ядохимикатов, зарастания мелководий водорослями, выхода из строя систем инженерной защиты и т. п.

Режимные наблюдения на водохранилищах призваны определить степень переработки их берегов. В систему мониторинга гидротехнических сооружений должны непременно включаться и комплексные натурные наблюдения за самим сооружением. Особенности изменений земель районов гидротехнических сооружений определяются инженерно-геологическими условиями территорий и типом гидротехнического сооружения. Зона влияния водохранилища пропорциональна его размеру – площади зеркала воды. Наиболее крупные водохранилища образуются при строительстве ГЭС на равнинных реках. Здесь область техногенного воздействия на окружающую среду начинает формироваться уже на начальных этапах строительства. Воздействие оказывают плотина, масса воды в водохранилище, фильтрационный поток в обход плотины, подтопление склонов долины, взвешивающее воздействие воды и др. При организации системы мониторинга в районах крупных искусственных водоемов и гидротехнических сооружений основными наиболее *общими его задачами* являются:

♦ определение границ области влияния сооружений на прилегающую территорию;

♦ выявление участков, наиболее активно реагирующих на техногенное воздействие гидротехнических сооружений;

Таблица 4.5. **Сведения об отрегулированных реках (ручьях)**

Бассейн реки	Длина, км												Итого	
	< 10		10–15		15–20		20–30		30-50		> 50			
	Количество	Длина	Количество	Длина	Количество	Длина	Количество	Длина	Количество	Длина	Количество	Длина	Количество	Длина
Западная Двина	25	154	7	85	2	32	3	73	–	–	–	–	37	346
Неман	62	389	21	276	11	192	9	35	4	151	–	–	107	1217
Вилия	36	220	20	252	1	15	2	43	–	–	–	–	59	529
Западный Буг	22	157	14	180	5	86	4	101	4	153	1	113	50	790
Днепр	75	523	45	561	17	289	17	424	9	343	6	414	169	2553
Припять	23	171	20	253	14	252	13	304	11	429	4	369	85	1779
Всего	243	1613	127	1606	50	867	48	1156	28	1076	11	896	507	7215

♦ установление основных причин, изменяющих свойства и состояние пород в области взаимодействия их с сооружением, изучение механизма влияния указанных факторов на среду, сами сооружения или условия производства строительных работ, выработка критериев безопасности работы сооружения;

♦ контроль за динамикой природных и техногенных процессов, прогноз и предупреждение опасных геодинамических процессов.

Оценка подтопляемости территорий при организации сети мониторинга проводится в соответствии с действующими нормативными и методическими документами. Влияние подтопления на территории характеризуется прежде всего глубиной залегания грунтовых вод. При этом выделяются:

1) подзона сильного подтопления или заболачивания – глубина залегания грунтовых вод от 0 до 0,3–0,7 м; содержание воды в почвах и грунтах 70–100 % полной влагоемкости; избыточное увлажнение приводит к заболачиванию;

2) подзона умеренного подтопления – глубина залегания грунтовых вод от 0,3–0,7 до 1,2–2,0 м;

3) подзона слабого подтопления – грунтовые воды залегают на глубине от 1,2–2,0 до 2–3 м.

Все необходимые объекты (дамбы обвалования, подсыпка или намыв территорий, берегоукрепительные сооружения, система дренажей и др.) обязательно должны включаться в наблюдательную сеть мониторинга, так как они расположены на участках наибольшего техногенного влияния водохранилища на окружающую среду.

В процессе мониторинга земель под водными объектами косвенно учитываются данные за наблюдениями *режима подземных вод* и состояния родников. Для выявления основных закономерностей формирования уровенного, температурного и химического режимов подземных вод создана сеть скважин, охватывающая всю территорию Беларуси и насчитывающая более 1500 скважин. Вместе с тем интенсивно начала развиваться режимная сеть скважин для гидроэкологических исследований в районах потенциального загрязнения подземных вод (животноводческие комплексы, промплощадки, полигоны ТБО, очистные сооружения и пр.). Все наблюдательные скважины расположены на отведенных для них землях, стоят на балансе эксплуатирующих их организаций и имеют статус (в частности, региональная сеть) охраняемых государством. Проведение режимных наблюдений должно стать обязательным для землепользователей, если это предусмотрено технологией их

деятельности, но сегодня все зависит от их финансового положения.

Сами родники имеют очень малые по сравнению с другими водоемами размеры. Однако питающие их водоносные слои занимают значительную площадь, поэтому в процессе мониторинга следует учитывать, что охранная зона родников, сохранившихся в естественном состоянии, и их ручьев также должна состоять из двух компонентов:

1) собственно охранная зона, прилегающая непосредственно к выходам подземных вод, и прибрежная полоса вдоль обоих берегов ручья;

2) водоохранная зона вокруг выхода подземных вод и вдоль обоих берегов родникового ручья.

ЛЕКЦИЯ 5
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Сущность, цели, задачи и общее содержание мониторинга техногенно-загрязненных земель. Почва как природный компонент играет исключительно важную роль. Она является своеобразным депо загрязняющих веществ: аккумулирует и консервирует их, преобразует, определяет скорость накопления в окружающей среде и форму их нахождения, включает вещества в биологический и геологический круговороты.

Почва, как и другие компоненты природной среды, обладает способностью к самоочищению, однако оно, как правило, протекает очень медленно. Загрязняющие вещества сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно выводятся из нее.

Промышленное и сельскохозяйственное загрязнения изменяют свойства почв и почвообразовательных процессов, подавляют активность почвенной биоты, снижают продуктивность почв, ухудшают технологическую и питательную ценность сельскохозяйственной продукции.

Мониторинг техногенного загрязнения почв – это государственная система наблюдений, оценки состояния, прогноза изменений и прогнозируемого состояния почв, подверженных антропогенному загрязнению.

Задачами техногенного мониторинга почв являются:

1. Организация сети регулярных наблюдений за загрязнением почв.

2. Составление перечня веществ, подлежащих контролю в почвах наблюдаемых территорий.

3. Определение зоны распространения почв с ухудшением

контролируемых показателей.

4. Изучение путей миграции, особенностей аккумуляции и трансформации загрязняющих веществ в почве.

5. Оценка сопротивляемости почвы к загрязнению и возможности ее к самоочищению.

6. Оценка санитарно-гигиенического состояния почв вокруг крупных промышленных комплексов, животноводческих объектов, авто- и железнодорожных магистралей, военных объектов.

7. Разработка мероприятий по снижению и ликвидации последствий загрязнения почв.

8. Создание информационной базы данных о загрязнении почв.

8. Составление прогнозов об изменениях в контролируемых показателях и ожидаемом санитарно-гигиеническом состоянии почв.

Наблюдения за загрязняющими веществами в почвах осуществляются в Беларуси с 1980 года. Загрязняющие вещества отслеживаются в почвах городов и промышленных зон в придорожных полосах, в почвах сельхозугодий.

В настоящее время для сбора информации функционирует три сети пунктов наблюдения:

− сеть наблюдения за уровнем загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения. Она представлена 64 пунктами, которые расположены в 30 крупных городах, а также зонах влияния Березовской и Лукомльской ГРЭС и в Солигорском промышленном районе;

− сеть наблюдения за загрязнением сельскохозяйственных почв токсическими веществами. Исследования осуществляются в 100 пунктах, размещенных на сельскохозяйственных угодьях в 29 базовых хозяйствах;

− сеть наблюдений в придорожных полосах. Загрязняющие вещества контролируются на 33 пунктах (рис. 5.1).

В почвах контролируемых территорий определяются тяжелые металлы – свинец, кадмий, цинк, медь, никель, хром и др.; нефтепродукты, сульфаты, нитраты, хлориды. Дополнительно в перечень контролируемых веществ включаются:

− в производственно-коммунальных зонах – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);

− в промышленных центрах, где функционируют производства, использовавшие и использующие ПХБ-содержащее оборудование – полихлорированные бифенилы (ПХБ);

Рис. 5.1. Сеть пунктов наблюдения за загрязнениями почв

– на землях сельскохозяйственного назначения – ДДТ и другие хлорорганические пестициды, относящиеся к стойким органическим загрязнителям (СОЗ).

Пути поступления загрязняющих веществ в почву. Загрязняющие вещества естественного и антропогенного происхождения поступают в почву из атмосферы, с поверхностным стоком, при выпадении осадков и таянии снега, с внутрипочвенным стоком, при прямом внесении человеком, с растительным опадом.

Через атмосферу техногенные примеси поступают тремя путями – воздушным, с атмосферными осадками, при прямом поглощении почвой загрязняющих веществ.

Воздушный путь поступления является одним из главных. Им осаждается из воздуха до 78–99 % от общего количества загрязняющих веществ почвы. При высокотемпературных технологических процессах образуются мельчайшие аэрозольные частицы, на которых, при остывании дымовых газов, адсорбируются металлы. Такие частицы плохо улавливаются установками по очистке газов. Они способны мигрировать с воздушными потоками на значительные расстояния и, осаждаясь на поверхности земли, являются причиной загрязнения почв. Через атмосферу почвы загрязняются тяжелыми металлами, ПАУ и другими

примесями. Мониторинговые исследования показывают, что 7–10 % газообразных компонентов выбросов оседают на почвы у источника загрязнения. Остальная часть включается в региональную и глобальную атмосферную миграцию.

Основными источниками загрязнения почв являются металлургические предприятия. В результате их работы на поверхность земли ежегодно поступает не менее 154650 т меди, 121500 т цинка, 89000 т свинца, 12000 т никеля, 765 т кобальта, 1500 т молибдена, 30,5 т ртути.

В районах промышленных комплексов почва в значительной степени загрязняется продуктами сгорания топлива, зола которых практически содержит все техногенные металлы. При сжигании угля и нефти ежегодно из атмосферы осаждается 1600 т ртути, 3600 т свинца, 2100 т меди, 7000 т цинка, 3700 т никеля. С выхлопными газами автотранспорта на земную поверхность попадает 260 000 т свинца в год, что почти в 3 раза превосходит количество этого элемента, поступающего в почву за счет действия металлургических предприятий.

С атмосферными осадками поступают в почву многие химические соединения. Это в основном газы, оксиды серы, азота, составляющие фотохимических смогов, тяжелые металлы. Из группы тяжелых металлов наиболее распространенными являются свинец, цинк, медь. Большинство из них растворяются в воде и образуют различные химические соединения. Зона максимальных концентраций металлов в воздухе распространяется до 2 км от источника их выброса. В снеге и осадках концентрация металлов в 500–1000 раз выше фонового уровня.

На удалении 2–4 км содержание в осадках уменьшается в 10 раз. Водорастворимые соединения тяжелых металлов составляют 5–10 % и представлены в виде сульфидов и оксидов. Количество водорастворимых соединений в осадках увеличивается с расстоянием.

По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь ежегодно на территории нашей страны осаждается из осадков:

− серосодержащих примесей от 180 до 190 тыс. т при средней нагрузке – 3кг/км^2 в сутки;

− азота окисленного от 60 до 70 тыс. т при нагрузке 0,3–0,9 кг/км^2 в сутки;

− азота восстановленного от 150 до 170 тыс. т при нагрузке 1,5–2 кг/км^2 в сутки.

Следующий путь поступления загрязняющих веществ – это непосредственное поглощение почвой веществ. Оно происходит в сухую

погоду и характерно для веществ, находящихся в газообразном состоянии. Это касается не только газов, но и летучих органических соединений, которые характеризуются большим видовым составом.

Перечень веществ, загрязняющих почву поверхностным стоком весьма разнообразен. Этим путем в почву мигрируют нефтепродукты, тяжелые металлы, углеводороды и другие техногенные примеси. Особую опасность представляют территории, примыкающие к автомагистралям и железнодорожному полотну, территории автостоянок и хранения нефтепродуктов, минеральных удобрений, пестицидов и других химических веществ, места захоронения твердых бытовых отходов, а также места складирования крупнотоннажных промышленных отходов.

Качественный состав загрязняющих примесей зависит от специфики производства, организации технологических процессов и природоохранной деятельности источника поступления.

С внутрипочвенным стоком почвы загрязняются нефтепродуктами, мобильными формами тяжелых металлов, растворимыми сульфатами, хлоридами, фторидами и другими минеральными примесями.

Прямое поступление загрязняющих веществ в почву происходит при работе на полях с минеральными и органическими удобрениями, с химическими мелиорантами, с пестицидами, при утилизации сточных вод.

С минеральными удобрениями почвы загрязняются тяжелыми металлами, хлоридами, фторидами. Значительное загрязнение их нитратами и аммонийным азотом наблюдается при применении необоснованно высоких доз бесподстилочного навоза. С органическими удобрениями в почву поступают в несколько раз больше тяжелых металлов, чем с минеральными. Доля их составляет 24–90 %. Основными элементами являются кадмий, никель, хром. В связи с этим необходим агрохимический контроль за плодородием почв, поступлением токсических веществ в агроэкосистемы, выявлением наиболее опасных источников и зон загрязнения для принятия мер по рекультивации.

Следующий путь поступления техногенных примесей в почву – растительный опад. Растения являются аккумуляторами загрязняющих веществ окружающей среды. Различные вредные соединения способны оседать на поверхности листьев и поглощаться ими. При опаде листьев, с растительными остатками на полях, с измельченной соломой эти соединения попадают в почву.

Характеристика контролируемых веществ. В настоящее время загрязнение природной среды тяжелыми металлами является одним из наиболее распространенных последствий техногенного воздействия на

экосистему. Тяжелые металлы представляют собой серьезную опасность с точки зрения их положительной динамики в окружающей среде. Это своеобразная группа веществ: в малых количествах они являются микроэлементами и нужны всему живому, в больших количествах – это высокотоксичные вещества. Для всех тяжелых металлов характерна высокая биохимическая активность, токсичность, тенденция к биоконсервированию, высокая концерогенность и способность при трансформации образовывать более опасные соединения.

Металлы быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся. Так, цинк имеет период полураспада 500 лет, кадмий – 1100 лет, медь – 2500 лет, свинец – более 1000 лет.

Тяжелые металлы поступают в почву в виде оксидов (Cu_2O, ZnO, PbO_2), сульфидов (Cu_2S, ZnS, CdS), карбонатов ($ZnCO_3$), сульфатов, гидрооксидов, комплексных соединений. В почвах тяжелые металлы могут находиться в растворимой, малорастворимой и нерастворимой формах. Уровень содержания и характер их распределения в почвенном профиле в значительной мере определяются процессами миграции и аккумуляции. Характер и форма миграции тяжелых металлов зависит от свойств элементов, реакционной способности, характера образуемых химических соединений, абиотических факторов среды – температуры, влажности, величины pH, величины ионного потенциала, наличия в почве органического вещества и ее минералогического состава.

До тех пор, пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на живые организмы будет незначительным. Однако если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в почвенный раствор, появляется прямая опасность проникновения их в растения, а также в организм человека.

Наиболее распространенными техногенными тяжелыми металлами являются: свинец, кадмий, марганец, цинк, медь, никель.

Свинец. Содержание его в почвах обычно колеблется от 0,1 до 20 мг/кг. Свинец отрицательно влияет на почвенную биоту, ингибирует активность ферментов.

Свинцовая пыль оседает на поверхности почв, адсорбируется органическими веществами, передвигается по профилю с почвенным раствором, но выносится за пределы почвенного профиля в небольших количествах. Благодаря процессам миграции в условиях кислой среды образуются техногенные аномалии свинца протяженностью 100 м.

Свинец из почв поступает в растения и накапливается в них.

Кадмий. Содержание его колеблется от 0,02 до 2 мг/кг почвы. Поступает в атмосферу при производстве стали и цинка, сжигании отходов, в гальваническом производстве. Широко распространен элемент в органическом топливе, удобрениях, рудных отвалах. Концентрация кадмия в окружающей среде увеличивается. В растениях, выращенных вблизи промышленных источников и автомобильных дорог, содержание кадмия в 1,5–2 раза выше фонового уровня. Миграция кадмия в почве и его биодоступность зависят от pH почвенного раствора.

Марганец находится в почвах в среднем в количестве 0,085 %. Однако, в отдельных случаях, при высоком общем содержании марганца в почвах количество усвояемых его форм, переходящих в солянокислую или соленую форму, может быть явно недостаточно.

Кислая реакция почвы (при pH ниже 6,0) благоприятствует усвоению марганца растениями; слабощелочная реакция (pH выше 7,5) стимулирует образование гидрата Mg(OH)2, трудно усваиваемого растениями.

Подвижность марганца в пахотном слое также определяется буферностью почв по отношению к кислотам, что зависит от суммы обменных оснований (преимущественно Ca2+ и Mg2+) в них. При высокой буферности почв подвижность Mg уменьшается. При низкой буферной емкости почв подвижность его выше. Марганец мобилизует фосфорную кислоту почвы.

Медь. Содержание в чистых почвах составляет 1–10 мг/кг. Источники поступления элемента в окружающую среду: легкая, химическая, электротехническая промышленности, машиностроение, сельское хозяйство. Осаждается вещество на почву воздушным путем и с атмосферными осадками. Содержание в воздухе меди над промышленными центрами колеблется от 0,021 до 2,4 мкг/м^3, в осадках – от 2 до 3 мкг/дм^3.

Никель. Присутствие его в почвах колеблется от 10 до 61 мг/кг. В воздухе промышленных городов он обнаруживается в количествах от 0,06 до 108 мкг/м^3, с осадками может поступать до 3 мкг/л тяжелого металла.

Цинк. В чистых почвах он находится в концентрации 30–220 мг/кг почвы. Вблизи металлургических заводов может достигать уровня 1000-4000 мг/кг, у автодорог – 90–400 мг/кг.

Основными источниками поступления тяжелых элементов являются предприятия черной и цветной металлургии, химическая промышленность, производство приборов, пластмасс, строительных материалов, осадки очистных сооружений, шламы гальванических производств,

транспорт, свалки ТБО.

Значительным источником загрязнения является сельскохозяйственное производство. Вносятся тяжелые металлы в агроэкосистемы:

− с минеральными удобрениями – Cd, Cr, Mo, Pb, Zn;

− с органическими удобрениями – Cd, Cu, Ni, As, Zn;

− с отходами интенсивного животноводства и птицеводства – Cu, As;

− с пестицидами – Cd, Hg, Pb, As, Mn, Zn.

Содержание и состав тяжелых металлов в почве зависят от близости индустриальных центров, заводов, фабрик, наличия ТЭЦ, расстояния от автомагистралей и железнодорожных путей, розы ветров, количества осадков и т.д. Вблизи индустриальных центров, как правило, создаются антропогенно аномальные зоны с повышенным содержанием тяжелых металлов.

По данным агрохимического обследования сельхозугодий Беларуси выявлены 260 тыс. га земель с избыточным содержанием в почве меди, 179 тыс. га – с избыточным содержанием цинка, 100 тыс. га – с повышенным содержанием свинца, около 45 тыс. га – кадмия. Это главным образом те земли, которые примыкают к промышленным районам и крупным животноводческим комплексам. Вокруг Минска, Могилева, Гомеля отмечено локальное загрязнение почв свинцом.

Очень остро стоит проблема загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами. Это касается тех территорий, в районах которых располагаются нефтеперерабатывающие заводы, склады ГСМ, автостоянки, автозаправочные станции, нефтепроводы, и земель, примыкающих к автомагистралям и железнодорожным путям. В результате проливов, утечек, аварий в грунтах этих территорий скапливается громадное количество легких нефтепродуктов (бензина, керосина, дизельного топлива). По данным Минприроды Республики Беларусь ориентировочно теряется в среднем 0,5–2 % годового оборота нефтепродуктов, а за 30 лет их объемы в почвах составляют миллионы тонн. В местах хранения нефтепродуктов в почвах автостоянок, автозаправочных станций содержание нефтепродуктов колеблется в широком диапазоне и может достигать десятки тысяч мг/кг почвы. В почвах у автомагистралей их содержание колеблется в пределах 100–4400 мг/кг почвы (бровка дороги – 4400 мг/кг, 10 метров от дороги – 750 мг/кг, 30 метров от дороги – 100 мг/кг почвы). Вблизи железнодорожного полотна – от 100 до 9000 мг/кг почвы (бровка полотна – 9000 мг/кг, 10 метров от дороги – 200 мг/кг, 30 метров от дороги – 100 мг/кг почвы).

В почве нефтепродукты из-за меньшей, чем у воды, плотности

наслаиваются на почвенную влагу и подземные воды. Они вместе с водой способны перемещаться с внутрипочвенным стоком в вертикальном и горизонтальном профиле почвы, т. е. характеризуются большой миграционной способностью.

Загрязнение нефтепродуктами почвы приводит к активным изменениям ее химического состава, свойств и структуры. Прежде всего это сказывается на гумусном состоянии почв. За счет углерода нефтепродуктов увеличивается нерастворимый углеродный остаток. В почвенном профиле изменяются окислительно-восстановительных условия, увеличивается подвижность гумусовых компонентов и ряда микроэлементов. Гидрофобные частицы нефти и нефтепродуктов затрудняют поступление влаги к корням растений, что приводит к физиологическим изменениям последних.

Загрязнение почв нефтепродуктами приводит к резкому нарушению в почвенном микробоценозе. Почвенные микроорганизмы реагируют на нефтяное загрязнение вначале кратковременным ингибированием, а затем повышением своей валовой численности и усилением активности. Прежде всего, это относится к углеводородокисляющим микроорганизмам, количество которых резко возрастает по сравнению с незагрязнёнными почвами. Сообщество микроорганизмов почвы принимает неустойчивый характер. По мере разложения нефти и нефтепродуктов в почве общее количество микроорганизмов приближается к фоновым загрязнениям, но количество нефтеокисляющих бактерий значительно превышает те же группы в незагрязнённых почвах. При дозе 100 мг/кг почвы подавляется ее биологическая активность, особенно фотосинтезирующего звена. При содержании 500 мг/кг – угнетаются процессы самоочищения в почве.

Исследования показали, что в загрязненных почвах снижается активность большинства почвенных ферментов. При любом уровне загрязнения ингибируются гидролазы, протеазы, нитратредуктазы, дегидрогеназы почв, несколько повышается уреазная и каталазная активности почв.

Загрязнение нефтепродуктами оказывает длительное отрицательное воздействие на почвенных животных, вызывая их массовую гибель в интенсивной зоне загрязнения. Отрицательное действие загрязнения осуществляется в результате прямого контакта с нефтью и нефтепродуктами и через изменение свойств загрязнённых почв. Летучие фракции нефти и нефтепродуктов проявляют эффект сразу после контакта с почвенными животными. Эффект тяжёлых фракций проявляется позже.

Почвы считаются загрязнёнными нефтью и нефтепродуктами, если их концентрация достигает уровня, при котором:

− начинается угнетение или деградация растительного покрова;

− падает продуктивность сельскохозяйственных земель;

− нарушается природное равновесие в почвенном биоценозе;

− ингибируется деятельность микроорганизмов, исчезают виды почвенных водорослей, мезофауны и т. п.;

− происходит вымывание нефти и нефтепродуктов из почв в подземные или поверхностные воды;

− изменяются водно-физические свойства и структура почв;

− заметно возрастает доля углерода нефти и нефтепродуктов в некарбонатном (органическом) углероде почв (до 10 % и более от всего органического углерода).

Важно выявить уровень содержания нефти и нефтепродуктов в почвах, выше которых процессы самоочищения резко замедляются, и почва сама не может справиться с загрязнением и деградирует. Этот уровень можно назвать верхним допустимым уровнем, или пределом потенциала самоочищения. Почвы, содержащие нефть и нефтепродукты выше верхнего допустимого уровня, самостоятельно не могут выйти из стадии деградации и способны оказывать устойчивое негативное воздействие на контактирующие с ними компоненты окружающей природной среды. Естественно, что почвы с таким уровнем загрязнения подлежат санации и рекультивации.

Бензапирен является самым проблемным веществом из большой группы ПАУ. Почва загрязняется им главным образом через атмосферу. В воздухе он связывается газами, копотью, сажей, смогами. Преимущественно сорбируется твердыми и жидкими аэрозолями и быстро выпадает из воздуха, оседая на поверхности почвы. Ежегодно в биосферу поступают тысячи тонн бензапирена природного происхождения и еще больше – за счет техногенных источников. Образуется он, в основном, в результате пиролиза, особенно при неполном сгорании органических веществ, таких как нефтепродукты, уголь, дерево, мусор, продукты питания, табак. При этом чем ниже температура, тем больше его содержание. Источниками поступления являются: транспорт, химические предприятия, металлургические заводы, теплоэнергетические централи, ТЭС, работающие на нефтепродуктах и угле, лесные пожары, сжигание опавших листьев, растительных остатков, сточные воды.

Это типичный канцероген, вызывающий злокачественные образования. При наружном контакте с ним, развивается рак кожи, при его

вдыхании – онкология легких, при попадании с пищей – поражается желудочно-кишечный тракт.

ПДК почвы – 0,02 мг/кг.

Фенолы – это летучие органические соединения с характерным резким запахом. Поступают в почву со стоками предприятий нефтеперерабатывающей, коксохимической, анилинокрасочной промышленности и др. В сточных водах этих предприятий может содержаться до 20 г/л веществ данной группы.

Толуол – это летучее органическое соединение, которое поступает в почву при сжигании нефтепродуктов и в результате их распада в ней. Источники загрязнения почв: транспорт, предприятия химической промышленности.

Бензол – это ароматический углеводород. Входит в состав нефтепродуктов, источниками его выделения в окружающую среду являются предприятия по производству лекарств, различных пластмасс, синтетической резины, красителей.

Пестициды – это многочисленная группа ядохимикатов, применяемых для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, сорными растениями, с паразитами животных. Экологическая вредность пестицидов зависит в основном от их химической природы, продолжительности жизни, способности избирательно действовать на отдельные организмы и трансформации в среде.

Пестициды накапливаются в жировых тканях людей и животных, отрицательно воздействуют на нервную, сердечно-сосудистую системы. Они обладают свойствами аллергенности, мутагенности и канцерогенности. Приводят к таким заболеваниям, как язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки, гипертоническая болезнь, к хроническому фарингиту, синуситу, способствуют развитию злокачественных опухлей. Наиболее опасны пестициды для детей.

Пестициды относятся к синтетическим химическим соединениям – ксенобиотикам, т. е. веществам, чуждым биосфере. При применении пестицидов их остатки или продукты метаболизма накапливаются в объектах окружающей природной среды, мигрируют по пищевым цепям и вызывают нежелательные последствия, негативно влияют на качество почвы, питьевой воды, растительной и животной продукции и т. д. Накапливаясь в почвах, пестициды могут вызывать глубокие и необратимые нарушения нормальных циклов биологического круговорота веществ и снижение продуктивности почвенных экосистем. От пестицидов сильно страдает почвенная биота. Особенно это касается таких

важных почвообразователей, как дождевые черви, колемболы, клещи. В загрязненных почвах изменяется микроэлементный состав, нарушается микробиологическая и ферментативная активность.

Основная часть пестицидов аккумулируется в пахотном горизонте.

Процесс разложения пестицидов ускоряется при повышении температуры почвы. Однако, в климатических условиях Беларуси ряд средств защиты растений находится в почвах длительное время.

В настоящее время из широкого ассортимента используемых в сельском и лесном хозяйстве пестицидов, контролируются:

− хлорорганические пестициды;
− ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) и его метаболиты;
− ГХЦГ (гексахлоран);
− эндосульфан;
− эндрин;
− метоксихлор.

ПДК для всех представителей пестицидов составляет 0,1 мг/кг почвы.

Нитраты поступают в почву в результате естественных природных процессов и техногенным путем. Важным источником накопления нитратов в почве является нитрификация. Образуются нитраты в почве в результате минерализации органического вещества (гумуса) и внесенных органических удобрений с участием микроорганизмов-нитрификаторов. Еще один источник – азотные удобрения. Под воздействием тех же нитрифицирующих микроорганизмов аммонийный и амидный азот в почве постепенно переходит в нитратный. При условиях, благоприятствующих нитрификации, весь внесенный в почву азот может в течение двух-трех дней полностью превратиться в нитратный. Поэтому при внесении высоких доз азотных удобрений, даже не содержащих нитратного азота, в почве может накапливаться большое количество нитратов. Это естественный физиологический процесс. Нитратный азот в почве очень подвижен и при обильных поливах или в дождливую погоду легко вымывается за пределы корнеобитаемого слоя, особенно на легких почвах.

Сильное загрязнение почв нитратами происходит при применении необоснованно высоких (более 200 кг N на 1 га) доз бесподстилочного навоза. Большое количество нитратов снижает содержание кислорода в почве, а это способствует повышенному выделению в атмосферу двух «парниковых» газов – закиси азота и метана.

Нитраты обладают канцерогенными и мутагенными свойствами и могут вызвать раковые заболевания, врожденные и мутагенные

уродства. Опасность их связана с тем, что они вступают в реакцию с гемоглобином крови и превращают содержащееся в ней двухвалентное железо в трехвалентное. В результате развивается заболевание «метгемоглобинемия». Следствием выступает болезнь, получившая название «цианоз», или синюшность, которая может заканчиваться летальным исходом.

Поведение загрязняющих веществ в почве. Попадая в почву, загрязняющее вещество распределяется между жидкой и твердой фазами. В одной и той же почве оно может находиться в растворимом, а, следовательно, в подвижном состоянии, а также в нерастворимой, или трудно растворимой форме и неподвижном или малоподвижном состоянии. Форма нахождения примеси определяет ее токсичность и миграционную способность. Если загрязняющее вещество находится в нерастворенной или труднорастворенной форме, то угроза его поступления в растения и другие среды (атмосфера, подземные воды) отсутствует или минимальная. И наоборот, присутствие техногенной примеси в подвижном состоянии представляет опасность для растений и почвенной биоты. Эти примеси способны мигрировать в почвенном профиле, аккумулироваться в растениях, почвенных организмах, представлять угрозу для приземного воздуха и подземных вод.

В почве загрязняющие вещества взаимодействуют с почвенно-поглотительным комплексом, вступают в реакцию с почвенным раствором, образуя растворимые и нерастворимые вещества, усваиваются растениями и почвенной биотой.

Вещества, попадая в почву, включаются в такие взаимообратные процессы, как сорбция и десорбция, осаждение и растворение, коагуляция и пептизация.

Сорбция – это процесс поглощения техногенной примеси твердыми частицами почвы из почвенного раствора.

Десорбция – это обратный переход примеси из твердых частиц почвы в почвенный раствор.

Осаждение – это процесс образования трудно растворимых и нерастворимых соединений с участием загрязняющей примеси.

Растворение – переход примеси из соединений в почвенный раствор.

Коагуляция – это образование крупных коллоидных соединений в результате объединения загрязняющего вещества с почвенными компонентами.

Пептизация – обратный процесс коагуляции – это высвобождение загрязняющего вещества при распаде коллоидов на простые

соединения.

Почва способна сопротивляться повышению содержания подвижных соединений, так как поступающие вещества могут активно поглощаться ею и оказываться в малоподвижном состоянии, т. е. недоступном для растения. Поглощаются и теряют свою миграционную способность они в процессе сорбции, осаждения и коагуляции.

Десорбция, растворение и пептизация переводят загрязняющие вещества в подвижное состояние, увеличивают их доступность, а, следовательно, и опасность.

Степень воздействия загрязняющих почву веществ на растительный и животный мир определяются:

1. Общим содержанием токсических примесей в почве. Этот показатель характеризует уровень содержания в почве загрязняющего вещества и не всегда является информативным. Известно, что при одинаковом общем высоком содержании примеси в почвах состояние растений ухудшается только тогда, когда она находится в доступной для растений форме. Поэтому необходимы и обязательны данные о формах нахождения химического соединения в почве, так как они характеризуют подвижность и миграционную способность загрязняющих веществ, т. е. их переход в растения, почвенные и грунтовые воды.

2. Показателями изменения свойств почвы (прежде всего химических и биологических) под влиянием химического загрязнения. В результате процессов гидролиза и обменной сорбции, протекающей с участием загрязняющих веществ, может изменяться кислотно-щелочной режим почв. Загрязняющие вещества оказывают также влияние на биохимические процессы в почвах, такие как азотфиксация, аммонификация, ферментативная активность почв и т. д.

3. Показателями физических, химических, биологических свойств почвы, характеризующими ее способность к самоочищению и противостоять изменениям. Сами по себе продукты техногенеза значительно изменяют свойства почв и, таким образом, влияют на миграцию элементов. Нарушаются pH почвенной среды, физические свойства почвы, разрушается почвенно-поглощающий комплекс, что приводит к угнетению растительности. Загрязненная почва теряет четкую структуру, уменьшается ее общая порозность, снижается водопроницаемость, резко ухудшается водно-воздушный режим. В отдельных случаях под влиянием многолетнего загрязнения атмосферными выбросами верхний слой почвы представляет собой смесь ее с пылеватыми частицами аэрозолей, золы, шлака. Отмечается, что производственная деятельность

человека в некоторых регионах привела к значительному загрязнению почв макро- и микроэлементами вплоть до образования геохимических аномалий и целых провинций.

Факторы, определяющие форму нахождения техногенных примесей в почве

На состояние и характер поведения химической примеси в почве оказывают влияние такие ее свойства, как буферность, реакция почвенного раствора, минералогический и гранулометрический составы почв, содержание органического вещества, окультуренность почв и их гидроморфность.

Буферность почвы – это ее способность противостоять изменению концентрации почвенного раствора, особенно ее щелочно-кислотного и окислительно-восстановительного состояния. Буферные свойства почвы определяют такие процессы в ней, как:

− обменное поглощение ионов;

− переход различных веществ в ионные или молекулярные формы;

− нейтрализацию и выпадение в осадок вновь образованных веществ.

При избыточном поступлении химических примесей в почву в растворенном состоянии происходит их осаждение. Важную роль в процессах осаждения выполняют отрицательно заряженные почвенные коллоиды. На них оседают и переходят в неподвижное состояние никель, кобальт, цинк, медь, алюминий и другие вещества.

Реакция почвенного раствора – это свойство почвы, характеризующее степень кислотности или щелочности, которое оценивают по содержанию в почвенном растворе ионов H^+ или OH^-

. Реакция почвенного раствора определяет:

− форму нахождения химического вещества в почве (в виде катионов, анионов или нейтральных частиц);

− знак и величину заряда частиц;

− связь вещества с гранулометрическими элементами почвы.

При кислой реакции среды увеличивается подвижность в почве меди, цинка, кальция, ртути, свинца. При сдвиге реакции в сторону нейтрального состояния эти элементы связываются почвой и становятся недоступными для растений. При pH 7,5–9,5 в подвижное состояние переходят молибден, мышьяк, магний, железо.

Минералогический состав почвы определяет соотношение минералов различных групп. Поведение в почве загрязняющих веществ зависит, прежде всего, от содержания глинистых минералов и свободных

соединений полуторных окислов. Они удерживают химические вещества в результате ионного обмена, сорбции, осаждения. По степени поглощения и удерживания веществ минералы образуют следующий ряд убывающей сорбции: гидроксид алюминия > гидроксид железа > каолинит > гидромусковит > бентонит > монтмориллонит

Прочность фиксации химических веществ различна. Например, монтмориллонит способен больше поглощать металлов, но прочность их удерживания меньше других минералов.

Гранулометрический состав почвы указывает на соотношение в почве частиц различной величины. Почвы с высоким содержанием глины больше удерживают техногенные вещества, особенно в верхних горизонтах. Большой поглотительной способностью обладают карбонатные почвы и почвы с нейтральной реакцией среды. В них количество токсических соединений, которые могут быть вымыты в грунтовые воды и поглощены растениями, значительно меньше, чем в песчаных кислых почвах.

Основной механизм связывания веществ почвенными частичками – это сорбция. Исследования, проведенные белорусскими учеными, указывают на то, что связывание свинца, кадмия и цинка дерново-подзолистой почвой на 25–29 % больше по сравнению с дерново-подзолистой супесчаной.

Органическое вещество почвы играет огромную роль в поглощении химических веществ. Оно способно адсорбировать загрязняющие примеси из почвенного раствора и снижать их переход в растения и сопредельные с почвой среды. Сорбция гумуса происходит с участием карбоксильных (COOH–) и фенольных (OH–) групп. Подвижность веществ зависит от того, какие органоминеральные комплексы образуются. Коагуляция с участием органических кислот приводит к образованию коллоидов. Фульвокислоты с химическими элементами образуют хелатные соединения в большом диапазоне pH. Они характеризуются высокой растворимостью, а, следовательно, и миграционной способностью. Гуминовые кислоты образуют менее растворимые коллоидные комплексы, обладающие меньшей подвижностью, что способствует их накоплению в почвах, а следовательно, уменьшают опасность для растений и водных объектов.

На степень связывания органическим веществом почвы химической примеси оказывают и свойства самого вещества. Так, цинк в форме фульватов активно передвигается по почвенному профилю, с гуматами образует пленку на поверхности почвенных частиц и переходит в

связанное состояние. Кадмий и свинец с гуматами и фульватами образуют малоподвижные комплексы. Исследования почвоведов Беларуси показали, что для большинства дерново-подзолистых почв характерен фульватный тип гумуса. При систематическом внесении органических удобрений протекают процессы фульватно-гуматного типа гумусообразования. Поэтому обогащение почв органическим веществом способствует снижению подвижных форм токсических веществ в почве и уменьшению их содержания в растениях.

Окультуренность почв – это экологическая реорганизация почвы и изменения почвенных процессов в соответствии с биологическими особенностями возделывания сельскохозяйственных культур в целях стабильного увеличения их урожайности на основе прогрессивного повышения почвенного плодородия.

Окультуренность почв обусловлена гумусовым состоянием, кислотностью почвенного раствора, содержанием подвижных форм фосфора и калия. Комплексные исследования, проведенные в рамках ФАО в 30 странах мира по изучению влияния уровня плодородия почв на состояние и поведение токсических веществ в них, показали, что снижение уровня плодородия в значительной степени способствует накоплению токсикантов и миграции их в растение.

По мере возрастания уровня загрязнения почв влияние фактора окультуренности на концентрацию обменных форм поллютантов возрастает. С увеличением уровня плодородия почв, наблюдается уменьшение количества обменных форм загрязнителя. Исследования, проведенные в нашей стране, показали, что при изменении индекса окультуренности почв от 0,68 до 0,93 содержание подвижных форм цинка и меди снизилось в среднем на 13,7–31,4 % и на 9–21,2 % соответственно.

Гидроморфность почв характеризует водный режим почвы и его влияние на степень растворимости в воде химических техногенных примесей. С повышением гидроморфизма почв увеличивается количество подвижных форм токсических веществ и наоборот.

При низкой водоудерживающей способности почв, в условиях промывного режима, загрязняющие вещества в подвижной форме вымываются из почвенного профиля. В почвах с высокой водоудерживающей способностью при ограниченном промывном режиме, содержание подвижных соединений токсических веществ может быть высоким.

Например, при сходном валовом содержании тяжелых металлов в дерново-подзолистых глееватых почвах подвижность кадмия на 25,6 %, свинца – на 16,9 %, цинка – на 21,3 % больше по сравнению с такими

же почвами автоморфного увлажнения.

При проведении комплексного почвенного обследования также изучается и характер поведения загрязняющих веществ в почвенном профиле. В нем можно выделить зоны аккумуляции токсических примесей. Это обусловлено специфическим сочетанием механических, химических, физических и биологических условий почвы. Такие зоны называются геохимическими барьерами. В почвенном профиле выделяют три барьера:

Первый барьер – гумусовый горизонт (А). Вне зависимости от формы поступления загрязняющих веществ, типа почв, их геоморфологического положения, верхний горизонт, в первую очередь, принимает на себя загрязняющие примеси. Гумусовый горизонт удерживает значительную часть их. Токсические примеси закрепляются органическим веществом почвы. В верхнем горизонте связываются и накапливаются тяжелые металлы, радиоактивные элементы, нефтепродукты, ПАУ, пестициды и другие вещества.

Второй барьер – горизонт вмывания кислых почв (В – иллювиальный горизонт). В нем осаждаются молибден, цинк, хром, кадмий, свинец, никель, ртуть и другие металлы.

Третий барьер – горизонт вмывания (иллювиальный горизонт) карбонатных почв (В). В этом горизонте аккумулируются барий, селен, хром, цинк, кадмий и другие.

В иллювиальном горизонте основная роль по закреплению поллютантов принадлежит гидрооксидам железа, алюминия и марганца. Механизм закрепления – сорбция и осаждение. Прочность связей со временем возрастает из-за диффузии загрязняющих веществ внутрь твердой фракции.

Принципы организации наблюдений и подбора объектов. Мониторинговые наблюдения на техногенно-загрязненных землях включают в себя полевое обследование, лабораторный анализ, картографирование земель (почв) и обобщение полученных материалов.

Направлены они на решение следующих основных задач:

– выявить закономерности пространственного и внутрипочвенного распределения загрязнения, степень загрязненности земель, проявление других неблагоприятных процессов и явлений;

– установить уровни опасности техногенных выбросов на земельные ресурсы, культурную и естественную растительность, почвенно-грунтовые воды, здоровье населения;

– предложить научно-обоснованные рекомендации производству об

организации инженерно-технологических мероприятий по предотвращению загрязнения земель техногенными выбросами;

– рекомендовать систему организационных территориально-планировочных и агротехнических мероприятий по ликвидации загрязнения земель путем дезактивации токсичных соединений в почвах, изменений структуры посевных площадей, рационального применения удобрений, создания санитарно-защитных зон, регламентации хозяйственного использования земель, предотвращения результатов стихийных природных процессов.

В связи с тем, что земли находятся под влиянием различных техногенных источников и форм продуктов загрязнения основными ингредиентами в них являются:

– макроэлементы Fe, AI, Si, Ca, Mg, K, Na, Ti, S, P и др.;

– микроэлементы Cr, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cd, Pb и др.;

– газы и гидрозоли CO, CO_2, NOx, SO_2, NH_3, H_2S, CS, HCI, HN_3, H_2SO_4;

– сложные органические соединения: фенол, бензол, бензапирен, предельные и непредельные углеводороды и т. д.;

– остаточные количества средств защиты растений.

Установление каждого ингредиента – загрязнителя земель или их групп производится в зависимости от вида источника техногенного загрязнения, а также определения его (их) индикаторными свойствами.

Наибольшую опасность для почв пригородных земель представляют атмосферные пылегазовыбросы промышленных предприятий, с которыми отходы переносятся на значительные расстояния. Загрязнение почв происходит путем поглощения и осаждения паров, аэрозолей, пыли и растворимых соединений с дождем и снегом.

Особенно опасными для почв являются тяжелые металлы и радионуклиды, которые аккумулируются в верхних, самых плодородных слоях, растительной продукции, а через нее попадают в организмы животных и человека. Вокруг крупных городов и промышленных центров, например, количество металлов в почвах может превышать предельно допустимую концентрацию (ПДК) в несколько раз. Главными источниками антропогенного поступления тяжелых металлов на земную поверхность являются выбросы металлургических предприятий, обрабатывающей промышленности, от сжигания угля, нефтепродуктов, производства фосфорных удобрений, осадки сточных вод, агрохимикаты, автотранспорт.

Выбор объектов наблюдений на техногенно-загрязненных

территориях определяется наличием действующих источников загрязнения и характером строения окружающего их почвенного покрова.

Учитывая тесную зависимость между направлением ветра и дальность переноса пыли и газов, перед отбором проб уточняют на ближайшей метеостанции направление господствующих ветров в данной местности. Для определения точек отбора проб применяется азимутальный метод. При этом число направлений зависит от объекта загрязнения.

При изучении одиночного источника загрязнения отбор проб проводят по четырем основным направлениям (румбам). Если объектом исследований является промышленный центр (город), пробы отбирают не менее чем по восьми направлениям. При этом один из румбов должен совпадать с направлением преобладающего ветра в годовой «розе ветров». Расстояния в зависимости от источника техногенных выбросов до места отбора почвенных проб различны как по основным направлениям, так и в направлении господствующих ветров (табл. 5.1).

Таблица 5.1. **Расстояния взятия проб почв в зависимости от разных источников загрязнения**

№ п/п	Источники загрязнения	Расстояния взятия проб, км							
1	Промышленные центры и отдельно расположенные индустриальные предприятия	0,25–0,5	1	2	3	4			10
2	Предприятия по производству калийных удобрений	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	5
3	Предприятия по производству азотных удобрений	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	5
4	Предприятия по производству фосфорных удобрений	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	5
5	Предприятия по производству синтетического волокна	0,25–0,5	1	2	3	4	5	10	15
6	Цементно-шиферные предприятия	0,25–0,5	1	2	3	4	5	10	15
7	Нефтехимические предприятия	0,25–0,5	1	2	3	5	10	15	20
8	ТЭЦ	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	5

В частности, ведение мониторинга в зонах влияния ТЭЦ производится в направлении «розы ветров» на расстоянии 15–20 кратной высоты труб ТЭЦ. Отбор и последующее наблюдение за химическим загрязнением почв и их изменение производится здесь до глубины 50 см на расстоянии 0,25; 0,50; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 и 3,0 км по 4-м направлениям от ТЭЦ. По вектору преобладающих ветров наблюдения увеличиваются до 5 км для крупных ТЭЦ мощностью более 300 тыс. кВт.

Положение точек отбора образцов почв в зоне влияния промышленных центров, отдельно расположенных индустриальных предприятий по производству калийных, азотных, фосфорных удобрений, синтетического волокна, цементно-шиферных, нефтехимических предприятий и ТЭЦ вначале намечают на карте, затем уточняют на месте.

Около предварительно фиксированных точек выбирают типичную площадку размером не менее 100 х 100 м (1 га), однородную по почвенному покрову и растительности. Ее привязывают принятыми в геодезии способами к стабильным ориентирам местности. Количество площадок соответствует установленным интервалам. В ряде пригородных хозяйств республики в последние годы усилилось бесконтрольное внесение осадков городских сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур.

Мониторинг земель в зонах влияния животноводческих комплексов включает систему наблюдений, оценки и прогноза изменений почв под воздействием систематического внесения навоза или его фракций. Сеть наблюдательных объектов на почвах, подверженных воздействию животноводческих комплексов, должна включать все типичные для Беларуси почвенно-ландшафтные территории в северной, центральной и южной частях республики. Ведение мониторинга земель в зонах влияния животноводческих комплексов осуществляется в системе: почва-почвенно-грунтовые и дренажные воды-растения на стационарных ключевых участках и в маршрутной форме.

Ключевые участки (не менее двух для одного животноводческого комплекса) и мониторинговые маршруты (не менее одного от каждого ключевого участка) закладываются на наиболее типичных почвенно-ландшафтных территориях. При этом ключевые участки закладываются непосредственно на земледельческих полях систематического внесения навоза (чаще всего – на земледельческих полях орошения стоками животноводческих комплексов), а мониторинговые маршруты должны прокладываться от ключевых участков до территорий, не испытывающих влияния стоков с животноводческого комплекса по наиболее вероятным направлениям миграции подвижных ингредиентов навоза. При этом учитываются характер рельефа и литология почвогрунтов.

В республике имеет место загрязнение окружающей среды и почв применяемыми ядохимикатами, вызванное нарушениями технологии их использования. Поэтому для выявления характера и степени загрязнения мониторингу подлежат почвы, расположенные у мест захоронения ядохимикатов, у складов их хранения, поля с максимальной

пестицидной нагрузкой и вода мелиоративных каналов. При этом с целью выявления уровня влияния ядохимикатов отбор проб почв производится как непосредственно у мест их захоронения или складирования, так и на некотором удалении от них.

Наблюдения и контроль за загрязнением почв под влиянием автомобильного и железнодорожного транспорта проводятся главным образом вдоль крупных автомагистралей республиканского и районного значения с интенсивностью движения более 10000 автомашин в сутки, а также вдоль железнодорожных магистралей.

Максимальная дальность точек наблюдения от магистралей должна составлять не более 0,3 км. При наличии вдоль магистралей непродуваемых придорожных древесно-кустарниковых полос точки наблюдения устанавливаются лишь в пределах зоны от полотна дороги до расстояния 100 м, а при их отсутствии или при наличии полупродуваемых и продуваемых придорожных полос мониторинговые наблюдения распространяются на прилегающие сельскохозяйственные угодья на расстоянии до 0,3 км от дорог. Вокруг фиксированных точек наблюдения формируются и жестко привязываются ключевые участки площадью до 1 га, с поверхности которых и производится отбор почвенных проб.

Содержание мониторинговых наблюдений на техногенно-загрязненных землях. Содержание работ мониторинговых наблюдений на техногенно-загрязненных территориях определяется видом техногенного загрязнения.

Ниже рассмотрены примеры мониторинга земель, расположенных в зоне влияния индустриальных городов и основных, крупных объектов химической промышленности. Система наблюдения за состоянием земель у других, не приведенных промышленных объектов, аналогичная.

Мониторинг земель у промышленных центров (городов) и отдельно расположенных предприятий металлургических и металлообрабатывающих отраслей заключается в периодическом отборе и анализе почвенных образцов на тяжелые металлы. Ассортимент определяемых металлов зависит от исходного сырья, выпускаемой продукции, технологии производства. Приоритет отдается наиболее распространенным и токсичным элементам. Обычно в промышленных выбросах превалируют Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Cd, Mn, V, Sb и др.

Отбор почвенных проб проводят в весенне-летний период. С выбранной площадки тростьевым буром отбирают смешанный образец, формирующийся из 20–25 индивидуальных уколов бура. На пашне почвенные пробы отбирают со всей глубины пахотного горизонта, на

землях с ненарушенным почвенным покровом (лес, луг и т. д.) с площадки берут две пробы: из слоев 0–5 и 5–20 см. При этом составляется смешанная проба растений или подстилки.

В местах обнаружения повышенного содержания загрязняющих веществ (значительно превышающее фоновое, на уровне ПДК или выше) проводят более детальный отбор почвенных проб, т. е. по типу агрохимического обследования: одна смешанная проба с каждых 10 га с последующим составлением картограммы загрязнения земель. В дальнейшем на этих землях подбирают 1–2 ключевых участка для периодического контроля за их состоянием. Периодичность выполнения – один раз в 5–6 лет.

В процессе производства калийных удобрений на ПО «Беларускалий» происходит засоление окружающих почв хлоридами. Большая часть территории засоляется вследствие переноса воздушными массами тончайшей соляной пыли, выбрасываемой в атмосферу сильвинитовыми обогатительными фабриками. Значительно меньший ареал загрязнения образуют рассолы солеотвалов и шламохранилищ, а также ветровая эрозия солеотвалов. Кроме этого, над выработанными шахтными полями происходит просадка поверхности, что ведет к подтоплению и заболачиванию земель.

Ввиду неординарности влияния ПО «Беларускалий» на природную среду контроль за изменением почв следует проводить в отдельности для каждого вида воздействия.

Для определения степени деформации земной поверхности используют инструментальный метод наблюдения за положением реперов, заложенных над выработанными шахтными полями. Длительные наблюдения проводятся до тех пор, пока не прекратится просадка кровли.

Влияние пылегазовыбросов обогатительных фабрик на засоление почв определяют путем отбора почвенных проб на выбранных ключевых участках. Образцы отбирают весной или летом со слоев 0–2 (3); 2 (3)–20 (25) и 20 (25)–50 см от поверхности в сухой период. Из отобранных проб готовят водную вытяжку, в которой определяют ионы Cl, Na, K и сухой (плотный) остаток. О степени засоления судят по содержанию в вытяжке хлора и сухого остатка. Если концентрация Cl1 превышает 0,30 м·гэкв/100 г почвы в каком-либо слое, значит, имеет место засоление почв. Однако оно может произойти и при внесении хлорсодержащих калийных удобрений, особенно под весенний сев.

Чтобы избежать ошибки, отбор почвенных проб в этом случае следует производить летом. Кроме этого, в почвах, подверженных

загрязнению соляной пылью, всегда более высокое содержание Na, а в обработанных калийными удобрениями, наоборот, К. Следует обращать внимание и на послойное содержание С1 в почве. При техногенном загрязнении и устойчивой сухой погоде его концентрация в слое 0–2 (3) см всегда будет выше, чем в нижележащих слоях.

В случае, если содержание С1 превышает допустимое значение, а его «техногенность» не вызывает сомнения, проводят сплошное обследование почв на засоление. Отбор почвенных проб производится, как и для агрохимического обследования, т. е. один образец с площади 10 га. Глубина отбора по слоям та же, что и выше.

Периодичность исследований почв на засоление не должна превышать трех лет и проводится одновременно с агрохимическим картографированием.

Поскольку соли соляной кислоты (хлориды) хорошо растворимы в воде, хлор практически почвой не поглощается и легко вымывается вниз по профилю. Дополнительным показателем длительного влияния солей является солонцеватость. Для этого определяют емкость катионного обмена почвы и обменный Na. Процентное соотношение последнего, к емкости показывает степень солонцеватости почвы. Другим дополнительным критерием негативного влияния пылегазовыбросов на почву является содержание обменного калия. Обычно почвы вокруг рудоуправлений содержат повышенное количество К. Эти данные приведены в картограммах обеспеченности почв элементами питания. Сравнительный анализ содержания обменного калия по турам агрохимического обследования, а также ПДК К2О (560 мг/кг) позволят выявить зоны наиболее сильного влияния отходов калийного производства на почву.

Наблюдения за степенью засоления почв рассолами солеотвалов и шламохранилищ проводят путем отбора проб по профилю до глубины 2 м или до уровня грунтовых вод. Отбор производят буром до следующих слоев: 0–2 (3); 2 (3)–25; 25–50; 50–75; 75–100; 100–125; 125–150; 150–200 см. Засоление почв рассолами происходит эпизодически.

Один раз в несколько лет, в результате прорыва защитных дамб. Атмосферные осадки способствуют вымыванию хлоридов из почвенной толщи. Поэтому здесь во времени происходит процесс естественного рассоления.

Периодичность отбора образцов (до полного рассоления почвы) составляет один раз в год, желательно в весенний период. Для контроля за динамикой передвижения солей почвенные образцы следует отбирать

трижды в год: весной, летом и осенью.

В водной вытяжке из отобранных почв определяют Cl и сухой остаток. Кроме этого, проводят анализ на содержание обменного Na и емкость катионного обмена.

Производство азотных удобрений и капролактама на (ПО) «Азот» (г. Гродно) сопровождается выбросами в атмосферу окислов азота, аммиака, азотсодержащей пыли, органических соединений: бензола, циклогексана и др. Продолжительное воздействие азотной промышленности на почвы может стать причиной важных химических и биологических изменений почвенного покрова. Установлено, что в зоне интенсивного загрязнения наблюдается повышение pH почвы (снижение кислотности), значительное увеличение содержания азотистых соединений, изменение численности почвенных микроорганизмов (погибает азотбактер).

Наблюдения за изменением химического и биологического состава почв проводят путем отбора проб по указанным выше направлениям и расстояниям. Образцы отбирают послойно, с глубины 0,5; 5–20 (25) и 20 (25)–50 см для определения в них кислотности, содержания нитратного и аммиачного азота. Отдельно из верхних слоев проводят отбор почвенных проб для контроля за численностью микроорганизмов, особенно азотбактера и плесневых грибов.

В зоне обнаружения высокого содержания в почве аммиака (значительно превышающее фоновое) и нитратов выше ПДК (130 мг/кг почвы) проводят сплошное обследование почв путем отбора проб из расчета один образец с площади 10 га. Периодичность отбора проб на загрязненность соединениями азота и микробиологический анализ проводят один раз в три года и, по возможности, приурочивают к агрохимическому обследованию почв. Совмещение сроков отбора дает возможность получения дополнительных сведений о почвенном плодородии в зоне влияния азотного производства и сделать объективные выводы.

На Гомельском химзаводе сырьем для производства фосфорных удобрений служит апатит Кольского полуострова, содержащий 2,6–3,1 % фтора. И сера Яворского месторождения (Львовская область).

Поэтому в составе отходящих газов большой объем занимают сернистый ангидрит, фториды, минеральная пыль и др. На 1 т фосфора образуется 2300–2500 $м^3$ газов, 150–220 кг пыли, 25–27 кг соединений фосфора. С пылью в окружающую среду попадают и тяжелые металлы, в том числе чрезвычайно токсичный элемент – мышьяк.

По действию на растения фтористые соединения являются самыми вредными промышленными загрязнителями. Избыток фтора в растениях особенно неблагоприятно сказывается на домашних животных, вызывая флороз. Выявлена тесная зависимость между pH почвы и ее способностью удерживать фтор. Наиболее активно его поглощают кислые почвы.

Для контроля за изменением свойств почв под влиянием отходов химзавода проводят отбор проб по вышеуказанной методике. Пробы анализируют на pH, содержание водорастворимых органических веществ, валового и водорастворимого F, а также мышьяк. Сплошное обследование почв проводят при концентрации фтора и мышьяка на уровне ПДК и выше (ПДК мышьяка – 2 мг/кг, водорастворимого F – 10 мг/кг), частота отбора – один образец с 10 га. Периодичность отбора почвенных проб – один раз в 3 года.

Крупнейший в Европе Могилевский завод синтетического волокна выбрасывает в атмосферу большое количество органических соединений (метанол, этиленгликоль, диметиловый эфир терефталевой кислоты (ДМТ), ацетальдегид, параксилол и др.) По токсикологическому действию на животных ДМТ относятся к первому классу опасности (чрезвычайно опасен, обладает мутагенным действием), метанол, этиленгликоль и параксилол – к третьему классу (умеренно опасные вещества).

По действию на расстояния наибольшей токсичности обладает параксилол, затем – этиленгликоль, ДМТ и метанол. Под влиянием выбросов наблюдается тенденция снижения почвенной кислотности, увеличения содержания углерода.

Снижается также биологическая активность почвы, численность микроорганизмов, усиливающих органические и минеральные формы азота, актиномицетов и спорообразующих бактерий, увеличивается группа грибов.

Почвенные образцы отбирают со слоев 0–5 и 5-20 см. Кроме этого, вблизи комбината выбирают пробную площадку, с которой образцы отбирают по профилю почвы до глубины 1,5 м с горизонтов 0–5; 5–20; 40–50; 90–100; 140–150 см. В отобранных пробах определяют метанол, параксилол и ДМТ. Периодичность отбора – один раз в 3 года, одновременно с агрохимическим обследованием. Лучший срок отбора– летний период.

Отличительная особенность цементно-шиферного производства – сильная загрязненность атмосферы цементной пылью. С одной стороны, цементная пыль – ценное известковое удобрение с высоким

содержанием Ca, Mg, K и S. С другой стороны, длительное воздействие оседающей пыли неблагоприятно сказывается на окружающую среду.

Наблюдения показали, что в условиях запыленности воздуха на листьях растений образуется корка, препятствующая нормальному физиологическому функционированию. Под влиянием цементной пыли происходит подщелачивание прилегающих почв, сильно увеличивается содержание окиси кальция, полуторных окислов, обменного калия.

Возможно также загрязнение почв тяжелыми металлами: Mg, Zn, Cu, Sr, Hg, TI.

Мониторинг почв вблизи цементных предприятий проводят аналогично наблюдениям за воздействием на земли других промышленных предприятий. Пробы берут со слоев 0–5 и 5–20 см, а из почвенного разрез – еще 40–50; 90–100; 140–150 см. В образцах определяют кислотность, содержание обменного калия и металлы: Hg, Мп, Zn и Cu.

Время отбора – летний период, частота отбора- один раз в 5–6 лет.

В зоне деятельности нефтехимических предприятий в окружающую среду поступают предельные, непредельные и ароматические углеводороды, сернистый ангидрид, угарный газ, окислы азота и др.

Наиболее токсичными являются полициклические углеводороды, среди которых особое место занимает канцерогенное вещество бензапирен (БП).

В целях осуществления наблюдения за воздействием на почвы нефтехимических предприятий отбор почвенных образцов проводят аналогично другим промышленным объектам со слоев 0–5 и 5–20 см, а также по профилю на типичной для данного района почве до глубины не менее 1,5 метра. Разрез закладывают в непосредственной близости от предприятия в направлении господствующих ветров. В почве определяют содержание бензапирена, серы, тяжелых металлов: Pb, V, Cd, Zn, Cu. В случае обнаружения аномально высокого количества указанных загрязнителей проводят сплошное обследование в этой зоне по типу агрохимического. Периодичность отбора почвенных образцов – один раз в 5–6 лет.

Основными загрязнителями почв, определяемыми в результате мониторинга земель в зоне влияния ТЭЦ, являются сернистый ангидрит, окислы азота, сероводород, окислы углерода, ванадий, бензапирен, а также сажа, пыль. В зонах обнаружения повышенного содержания вышеуказанных загрязнителей производится дополнительное площадное обследование почв путем отбора проб из расчета 1 образец с площади до 10 га.

Периодичность отбора почв в зонах влияния ТЭЦ приурочивается к агрохимическому обследованию, проводимому один раз в 3 года.

Мониторинг земель, удобряемых осадками сточных вод (ОСВ), базируется на определении содержания тяжелых металлов в почвах. Для этого отбираются смешанные образцы тростьевым буром, из расчета одна проба с постоянного элементарного участка площадью 10 га. Отбор проб производится перед каждым повторным внесением ОСВ.

Кроме почвенных проб, анализу на содержание тяжелых металлов подлежит в обязательном порядке используемый на удобрение осадок сточных вод.

Мониторинг земель в зоне влияния животноводческих комплексов должен осуществляться на ключевых участках и на маршрутах. На мониторинговом маршруте делается от 2 до 5 пунктов отбора проб почвы, почвенно-грунтовых, дренажных вод и растений. Пункты отбора проб отмечаются на плане местности. На ключевых участках и мониторинговых маршрутах ежегодно один раз в сезон (зимой, весной, летом и осенью) ведутся наблюдения за содержанием наиболее динамичных ингредиентов в почвах, почвенно-грунтовых, дренажных водах и растениях. Кроме этого, на ключевых участках в момент их закладки и затем с периодичностью, указанной в приложении, изучаются все свойства почв по полной программе производственного мониторинга.

Динамичными ингредиентами, за которыми должны вестись систематические наблюдения по сезонам года, являются: фосфор, калий, кальций, магний, натрий, цинк, медь, бор, молибден, свинец, кадмий, марганец, а также ионы аммония, нитратов, нитритов, сульфатов, гидрокарбонатов и хлора.

Содержание биогенных элементов: фосфора, калия, а также аммонийного и нитратного азота по сезонам года проводится в пахотном и подпахотном слоях до глубины 40 см, остальные ингредиенты определяются только в пахотном слое. Отбор проб почв проводится по принятой методике.

Мониторинг земель, загрязненных ядохимикатами и остаточными пестицидами, осуществляется дважды в сезон: весной до начала полевых работ и в период уборки или сразу после уборки урожая. Повышенное содержание токсиканта в почве (1,0 ПДК и выше) во второй срок отбора или продукции растениеводства служит основанием для проведения на следующий год систематического наблюдения за этими участками.

Контроль за содержанием остатков пестицидов в почве в

сельскохозяйственной продукции осуществляют Республиканская контрольно-токсикологическая лаборатория, токсикологические лаборатории ОПИСХ, а также санэпидемстанции и лаборатории Госкомгидромета, у которых имеются подробные методики их отбора и анализа. Перечень контролируемых пестицидов утверждает Минсельхозпрод Республики Беларусь.

При ведении мониторинга прилегающих к автомобильным и железным дорогам земель выделяются основные загрязнители. В качестве таковых под влиянием автомобильного транспорта фиксируются свинец, кадмий и бензапирен; железнодорожного транспорта – сера, азот, углеводород, бензапирен

При мониторинге земель вдоль автомобильных и железнодорожных магистралей обязательным являются систематический контроль за качеством сельскохозяйственной продукции, выращиваемой в зоне придорожных полос.

С целью контроля за загрязнением почв в результате применения различных солей для борьбы с гололедицей, кроме вышеуказанных ингредиентов, в почвах рекомендуется определять хлор и натрий. Данный вид загрязнения устанавливается лишь на участках дорог, где наиболее интенсивно применяются меры борьбы с гололедицей.

Оценка результатов наблюдений. Для проведения контроля за химическим состоянием земель (почв), установления степени их загрязнения и последующего выявления долевого вклада в уровни концентрации химических элементов в почвах следует производить сравнение их показателей с региональным фоновым содержанием данных элементов. Для этой цели желательно использовать кларковые значения химических элементов (природное содержание), либо показатели их содержания на территориях, где почвы не подвержены загрязнению, не затронуты или слабо затронуты хозяйственной деятельностью (заповедники, заказники, массивы лесов, естественные болота, луга и т. д.).

Степень опасности химического загрязнения земель (почв) устанавливается путем сопоставления величин общего (валового) содержания химических веществ с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК) (табл. 5.2). Полученные мониторинговые данные химического состояния почв в дальнейшем используются для нормирования содержания загрязняющих веществ в почвах с учетом их влияния на количество и качество биопродукции, уровня потенциального геохимического самоочищения почв. Последний показатель определяется применительно к конкретным территориям, подвергающимся за нормирования

содержания загрязняющих веществ в почвах с учетом их влияния загрязнению, на основе анализа почвенно-экологических условий и особенностей миграции и рассеивания химических веществ.

Т а б л и ц а 5.2. **Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности**

Наименование	ПДК (мг/кг) почвы, С учетом фона	Показатели вредности		
		Транслокационный	Водный	Общесанитарный
Водорастворимые формы				
Фтор	10,0	10,0	10,0	25,0
Подвижные формы				
Медь	3,0	3,5	72,0	3,0
Никель	4,0	6,7	14,0	4,0
Цинк	23,0	23,0	200,0	37,-
Кобальт	5,0	25,0	> 1000	5,0
Фтор	2,8	2,8	–	–
Хром	6,0	–	–	–
Валовое содержание				
Сурьма	4,5	4,5	4,5	50,0
Марганец	1500	3500	1500	1500
Ванадий	150	170	350	150
Свинец	30,0	35,0	260,0	30,0
Мышьяк	2,0	2,0	15,0	10,0
Ртуть	2,1	2,1	33,3	5,0
Свинец + ртуть	20 + 1	20 + 1	30 + 2	20 + 2
Медь	55	–	–	–
Никелб	85	–	–	–
Цинк	100	–	–	–
Кадмий	3,0	–	–	–

В основу разграничения зон с различным уровнем техногенного загрязнения почв могут быть положены ПДК и количественные показатели содержания в почвах токсичных элементов (табл. 5.3).

В зависимости от содержания в почве загрязняющих веществ оценка результатов мониторинговых наблюдений предусматривает выделение четырех степеней:

1. Нормальные. Содержание химических веществ в почвах находится на уровне фонового или оптимального значения.

2. Допустимое. Содержание загрязняющих веществ в почвах не превышает ПДК, но выше естественного фона.

Таблица 5.3. **Оценка результатов мониторинговых наблюдений за изменением содержания в почвах токсичных элементов**

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Критерии оценки содержания в почвах токсичных элементов			
			фоновое	допустимое	неудовлетворительное	Критическое
1	Тяжелые металлы (валовое содержание):					
	Pb	Мг/кг	< 15,0	15,1–20,0	20,1–30,0	> 30,0
	Zn	Мг/кг	< 40,0	40,1–70,0	70,1–100,0	> 100,0
	Cu	Мг/кг	< 10,0	10,1–20,0	20,1–50,0	> 50,0
	Cd	Мг/кг	< 1,0	1,0–1,5	1,6–3,0	> 3,0
2	Засоление отходами	Мг-экв/100 г	< 0,3	0,31-0,90	0,91-2,80	> 2,80

3. Неудовлетворительные. Содержание загрязняющих веществ в почвах превышает ПДК без видимых изменений в почвах.

4. Критические. Содержание загрязняющих веществ в почвах в несколько раз превышает ПДК, что существенно снижает физические, физико-механические, химические и биологические характеристики.

ЛЕКЦИЯ 6
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Сущность, цели, задачи и общее содержание мониторинга радиоактивно загрязненных земель.

Важнейшими условиями развития атомной энергетики является повышение ее безопасности и минимизация воздействия радиации на человека и окружающую среду. Аварии на атомных станциях, предприятиях и военных объектах обострили внимание к обеспечению безопасности этих объектов, соблюдению технологических процессов, контролю за их работой и влиянием на окружающую среду. В соответствии с рекомендациями Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) к объектам радиационного мониторинга отнесены:

– потенциальные источники радиоактивного загрязнения (в первую очередь радиационно- или ядерно-опасные объекты);

– окружающая среда (объекты окружающей среды, среда обитания человека, в том числе жилище, сельскохозяйственная и животноводческая продукция, пища, вода, воздух и т. д.);

– сам человек (определение доз от внешнего и внутреннего облучения и расчет суммарных дозовых нагрузок).

Основная задача проведения радиационного контроля – ведение производственно-технологических процессов или решение научных задач в условиях контроля над источником ионизирующего излучения, обеспечение контроля радиационной обстановки и радиационной безопасности. В случае возникновения радиационной аварии (потери контроля над источником излучения) проводимые мероприятия и применяемые технические средства должны обеспечить локализацию места аварии, определение уровня аварии, прогноз радиационной обстановки и дать экспертные рекомендации по осуществлению действий, направленных на ликвидацию последствий аварии. Измерения, проводимые при радиационном контроле с помощью аппаратуры (систем, комплексов и отдельных приборов), направлены на информационное обеспечение текущего, оперативного и аварийного контроля. Как правило, текущий контроль осуществляют с помощью стационарной аппаратуры, оперативный контроль – с помощью переносной или носимой аппаратуры.

Радиационный контроль окружающей среды включает в себя радиационные измерения на промплощадке, а также в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне наблюдения (ЗН). Очевидно, что данная структуризация может быть применена практически к любому радиационно- или ядерно-опасному объекту. Причем для «источника» превалирующим является радиационно-технологический контроль – примерно 80–90 %, остальную часть составляет контроль радиационной обстановки для задач коллективной дозиметрии.

Соотношения пропорций в объеме контроля «объекта» существенным образом меняются и примерно становятся равными, т. е. составляют радиационный дозиметрический контроль.

Увеличение объема дозиметрического контроля связано с существенным возрастанием числа помещений и зон присутствия обслуживающего персонала. При радиационном контроле окружающей среды преимущественными являются задачи измерения присутствия радионуклидов в воздухе, воде, а также в различных пробах.

Помимо этого, в задачи радиоэкологического контроля включено обнаружение и предотвращение аппаратурными средствами несанкционированного перемещения радиоактивных и делящихся материалов. Таким образом, в состав задач радиационно-экологического мониторинга вошли измерения радиоактивности:

– газовоздушных выбросов;
– воздуха окружающей среды;
– сбросных жидкостей;
– вод экосистемы;
– донных отложений;
– проб пищевых продуктов, воды, земли и пр.;
– поверхностного загрязнения;
– обнаружение несанкционированного перемещения радиоактивных и делящихся веществ.

Основу приборов составляют высокочувствительные датчики, которые обеспечивают оперативное измерение радиационного фона, радиоактивности воздуха, воды в реках, озерах, системах водоснабжения, почвы, продуктов питания и т. д. Созданные датчики позволяют обнаружить появление радиации на ранних стадиях зарождения аварийной ситуации.

Полученная с помощью отечественных приборов информация позволяет реально оценить радиационную обстановку на АЭС и в окружающей среде и принять адекватные действия по обеспечению безопасной эксплуатации АЭС и минимизации ее воздействия на окружающую среду. В настоящее время основной объем информации о состоянии радиационной обстановки на объекте и о его влиянии на окружающую среду централизованно собирается и обрабатывается автоматизированными системами контроля радиационной обстановки (АСКРО). АСКРО обеспечивает радиационный мониторинг АЭС и прилегающих территорий (в том числе населенных пунктов), газовых и аэрозольных радиоактивных выбросов, охлаждающей и технологической воды. Структурная схема системы состоит из двух подсистем: *первая* – позволяет получать информацию о радиоэкологическом состоянии окружающей среды.

Это очень важный компонент, поскольку непосредственно связан с обеспечением безопасности населения. Основу этой подсистемы составляют стационарные посты, которые располагают на прилегающих к АЭС территориях и в населенных пунктах. Стационарные посты, помимо измерителей климатических параметров (температура, давление, влажность, скорость ветра), оборудованы радиационными мониторами, которые непрерывно измеряют мощность дозы фотонного излучения. Дополнительно посты могут быть оснащены приборами для радиоактивного (α- и ß-излучения) анализа проб воды, почвы, растительности, донных отложений и пищевых продуктов, измерения концентраций радиоактивных аэрозолей и радиоактивных выпадений.

Информационный обмен между центром и периферийными постами реализуется с использованием сотовой телефонной связи. При необходимости сотовая связь может быть продублирована дополнительным каналом связи.

Вторая подсистема представляет собой комплекс приборов и блоков детектирования, которые позволяют измерять:

– мощность дозы γ-излучения на территории АЭС;

– мощность дозы γ -излучения при мониторинге транспорта и персонала на пропускных пунктах;

– радиоактивность аэрозолей и газовых выбросов;

– радиоактивность воды, сбрасываемой в бассейн-охладитель, и технической воды, образующейся при проведении работ на АЭС, радиоактивность донных отложений.

Компьютерная обработка позволяет получать не только оперативную информацию, но и определять суточные, месячные и годовые тренды радиационных параметров. Информация, поступающая от первой и второй подсистем, объединяется на центральном посту. В состав центрального поста помимо сервера и компьютера рабочего места оператора введено панорамное устройство – «табло-карта» для оперативного и наглядного информирования пользователей о радиоэкологическом состоянии окружающей среды. Дополнительно, для расширения функциональных возможностей, используются переносные приборы, позволяющие оперативно и с высокой чувствительностью обнаруживать и легализовывать радиационное загрязнение.

Основные особенности предлагаемой системы АСКРО (радиационного мониторинга) состоят в следующем:

– высокая чувствительность и оперативность измерений радиационно-экологических параметров;

– комплексная оценка радиоэкологического состояния окружающей среды;

– широкие возможности для решения радиоэкологических и технологических измерений на АЭС и других ядерно-опасных объектах.

Источники радиационного загрязнения окружающей среды. Радиоактивность окружающей человека среды складывается как из естественной, так и искусственной радиоактивности.

Качество природных вод, используемых человеком, является одним из определяющих факторов его нормальной жизнедеятельности. Если в отношении стабильных токсичных элементов и органических соединений контроль в достаточной мере отработан и обоснован, то с

радионуклидами ситуация менее определенная. Единого методического и нормативного подхода к системе контроля радиоактивности природных вод пока нет, что в условиях постоянно возрастающего радиационного фона окружающей среды создает проблему первостепенной важности.

В большинстве случаев человеком используются поверхностные воды (моря, реки, озера, водохранилища), грунтовые (колодцы, родники) и подземные (артезианские, трещинные воды кристаллических массивов).

Природные воды представляют собой достаточно сложную систему, содержащую в себе разнообразные неорганические и органические соединения, растворенные газы. Формы нахождения веществ в водах также различны: ионы, молекулы, их диссоциаты, комплексные соединения, коллоиды, взвешенные частицы. В зависимости от распространенности и содержания веществ в водах выделяют макро- и микрокомпоненты. К макрокомпонентам относятся растворенные вещества в преобладающих относительно других компонентов концентрациях. Ими определяются химический тип и свойства воды. Это катионы Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+} и анионы HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2-} и др. К микрокомпонентам относится большая группа элементов, содержащихся в концентрациях от нескольких микрограммов и менее в 1 $дм^3$. Радионуклиды (как естественные, так и техногенные) входят в эту группу.

Как правило, переход естественных радионуклидов из вмещающих пород в воду происходит в результате как растворения неустойчивых минералов, так и выщелачивания (переход элемента из минерала в раствор без нарушения целостности кристаллической решетки). Вследствие этого происходит нарушение радиоактивного равновесия в рядах урана и тория, обусловленное различиями в миграционных характеристиках и химических свойствах как радиоактивных элементов, так и изотопов одного элемента. Например, миграционная способность урана значительно превышает миграционную способность тория, а из двух изотопов урана (^{238}U и ^{234}U), существенно отличающихся периодами полураспада, короткоживущий ^{234}U более подвижен, т. к. образуется в результате двух последовательных бета-распадов ^{234}Th, ^{234}Pa и поэтому при выщелачивании не связан с кристаллической решеткой минеральных форм, и, с другой стороны, не успевает диффундировать из раствора в кристаллическую структуру вмещающих пород.

Таким образом, в водах, в отличие от горных пород и почв, соотношения между разными радионуклидами и изотопами одного элемента

могут отличаться от равновесных в десятки и сотни раз.

Взаимодействие природных вод с атмосферой приводит к попаданию в них продуктов «космического синтеза» радионуклидов (^{14}C, ^{7}Be, ^{3}H).

Следует учитывать и тот факт, что уровень содержания радионуклидов и химический состав природных вод целиком подчиняются явлениям климатической зональности, изменяясь от гидрокарбонатно-кальциевых с минерализацией 0,1– 0,2 г/л в северных широтах, где осадки преобладают над испарением, до сульфатнохлоридно-натриево-кальциевых с минерализацией 2–5 г/л в засушливых районах, где испарение преобладает над осадками. Состав и состояние природных вод под влиянием физико-химических и микробиологических воздействий могут претерпевать серьезные изменения вследствие, например, окисления кислородом воздуха, осаждения, сорбции на частицах взвеси, потери летучих веществ и т. п. В соответствии с этим изменяется и содержание в водах радиоактивных элементов. Например, среднее содержание ^{238}U в речных водах изменяется от $1,10^{-3}$ Бк/л в северных районах до 0,6 Бк/л в аридных областях, достигая в отдельных случаях значений 100–500 Бк/л в водах засушливых озер, артезианских скважин, минеральных источников.

Объемная активность ^{226}Ra в среднем варьирует от $4,10^{-3}$ до 0,185 Бк/л, достигая значений до 0,37–2,7 Бк/л (подземные воды) и даже до нескольких тысяч Бк/л (минеральные источники).

Таким образом, активность, солевой и радионуклидный состав природных вод варьируют в очень широком диапазоне в зависимости от типа вод (речные, озерные, грунтовые, подземные), климатических условий, состава вмещающих пород.

При этом, как правило, естественная радиоактивность вод обусловлена прежде всего присутствием $^{222, 220}Rn$, $^{226, 228, 224}Ra$, $^{234, 238}U$, ^{40}K, реже ^{210}Po, ^{210}Pb. Содержание ^{232}Th в водах весьма низкое, но могут встречаться значимые активности менее долгоживущих изотопов тория $^{228,230}Th$.

В связи с развитием атомной энергетики была поставлена задача оценки дозовой нагрузки на население из-за работы предприятий ядерного топливного цикла. В СССР это требование впервые вошло в «Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации атомных станций СП АС-88». Для расчета дозы от внутреннего облучения необходимо систематическое изучение путей поступления радионуклидов в организм человека, при этом определение концентраций

радионуклидов в воде, почве, растениях, продуктах питания и т. д. является неотъемлемой частью таких исследований.

В эти же годы было начато систематическое изучение содержания природных радионуклидов в объектах окружающей среды с целью определения дозовой нагрузки на человека. В качестве примера можно привести регламентирование содержания урана и тория и продуктов их распада в строительных материалах. Продуктами их распада являются радиоактивные газы радон и торон (радон-220). Необходимо отметить, что продукт распада урана – радон-222 дает основной вклад в облучение человека естественными радионуклидами, хотя вкладом торона тоже нельзя пренебречь.

Средние годовые дозы облучения человека за счет различных источников представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1. **Средние годовые дозы фонового облучения человека за счет различных источников**

Источники облучения	Годовая доза, мкЗв/год		
	Внешнее облучение	Внутреннее облучение	Суммарно
Космическое излучение	300	15	315
Калий-40	120	180	300
Ряд урана 238	90	1150	1240
Ряд тория 232	140	230	370
Сумма	650	1575	2200

Таким образом, объектами радиоэкологического мониторинга должны являться естественные и искусственные радионуклиды, содержащиеся в объектах окружающей среды, пищевых продуктах и строительных материалах, искусственные радионуклиды в технологических растворах и материалах, применяемых в промышленности и медицине, а также искусственные радионуклиды в радиоактивных отходах.

Источники поступления искусственных радионуклидов в окружающую среду.

Основными источниками поступления искусственных радионуклидов в окружающую среду являются:

− наземные испытания ядерного оружия,

− штатные выбросы и сбросы АЭС и других предприятий ядерного топливного цикла,

− радиационные аварии на АЭС и других предприятиях ядерного топливного цикла.

В 1955 г. при ООН был создан Научный Комитет по действию атомной радиации (НКДАР), основной задачей которого первоначально было изучение воздействия испытаний ядерного оружия на окружающую среду.

По данным НКДАР в дозу облучения населения вследствие испытаний ядерного оружия внесли (или вносят) основной вклад 21 радионуклид: ^{3}H, ^{14}C, ^{54}Mn, ^{55}Fe, ^{85}Kr, ^{89}Sr, ^{90}Sr, ^{95}Zr, ^{103}Ru, ^{106}Ru, ^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{140}Ba, ^{141}Ce, ^{144}Ce, ^{238}Pu, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{241}Pu и ^{241}Am, при этом доза от ^{54}Mn, ^{55}Fe, ^{89}Sr, ^{95}Zr, ^{103}Ru, ^{106}Ru, ^{131}I, ^{134}Cs, ^{140}Ba, ^{141}Ce и ^{144}Ce уже сформирована. Вклад 8 радионуклидов превышает 1 %: ^{14}C, ^{137}Cs, ^{95}Zr, ^{106}Ru, ^{90}Sr, ^{144}Ce, ^{3}H и ^{131}I, в порядке уменьшения их вклада.

Наиболее систематически было изучено загрязнение поверхности Земли ^{90}Sr. Необходимо отметить, что загрязнения другими продуктами деления можно рассчитать по отношению выходов данного продукта деления и стронция-90.

Водные сбросы. Несмотря на большое число «технологических барьеров», нельзя полностью исключить вероятность попадания радионуклидов в водные сбросы АЭС. На основании детального анализа радионуклидного состава сбросов АЭС с легководными реакторами, эксплуатирующимися в США, было идентифицировано более 60 нуклидов. Чаще обнаруживались: Na-24, Cr-51, Mn-54, Fe59, Co-58,60, Zn-65, Sr-89,90, Mo-99, Ag-110m, I-131,133, Cs-134,137, Ba-140, Ce-144, Np-239, а также тритий. Указанные радионуклиды характерны и для отечественных АЭС. Вместе с тем наблюдается большой разброс данных о величине сброса отдельных радионуклидов на разных реакторах, а также на одном и том же реакторе, но в разное время.

Не обсуждая вероятные пути поступления радионуклидов в сбросные воды, отметим только общую направленность процесса, определяющую закономерности трансформации их химического состояния. Как уже упоминалось выше, основным источником радионуклидов является первый контур: теплоноситель во время работы реактора и дезактивирующие растворы в период ремонтных работ. Водно-химический режим теплоносителя и состав дезактивирующих растворов определяют исходное химическое состояние радионуклидов при попадании их в сбросные воды.

Дальнейшие химические превращения исходных соединений радионуклидов определяются составом и концентрацией примесей в технических и природных водах. В результате увеличения содержания неорганических компонентов и природных органических соединений

происходят реакции сорбции – десорбции, оседание взвесей, поглощение радионуклидов гидробионтами и выделение их в форме продуктов метаболизма. Эти процессы определяют уровень активности нуклидов в воде, размеры зоны загрязнения дна водоемов-охладителей, а также биологический перенос радионуклидов и, в конечном счете, степень радиационного воздействия на человека.

Математическое описание закономерностей формирования радиоактивности водоемов-охладителей носит приближенный полуэмпирический характер. Чаще оно основывается на использовании понятия «серого» ящика, когда структуру технологических операторов, описывающих функции отдельных подсистем общей схемы формирования сбросов, находят из физических и физико-химических процессов, протекающих в данном объекте, а параметры, входящие в оператор, оценивают по экспериментальным данным.

Причина этого кроется в многочисленности, сложности и недостаточной изученности процессов взаимодействия радионуклидов с компонентами водной среды, включающих комплексообразование, гидролиз, образование коллоидов, ассоциацию радионуклидов со взвесями. Соответственно методы определения радионуклидов должны обеспечивать получение достоверной информации не только о содержании радионуклидов, но также и о физико-химических формах их существования. Сложность проблемы усугубляется тем, что контрольные концентрации радионуклидов в водоемах составляют $3{,}7 \cdot 10^{-2}$–37 Бк/л.

Газоаэрозольные выбросы. Радиоактивные выбросы АЭС в атмосферу могут включать: инертные радиоактивные газы – ксенон, криптон, аргон; радиоактивные аэрозоли (дисперсную систему, состоящую из твердых или жидких частиц, распределенных в воздушной среде, которые могут переносить практически любые радионуклиды, образующиеся в ядерном реакторе); радионуклиды, распределенные между газовой или аэрозольной фазами (иод, тритий). Опыт эксплуатации АЭС в России показывает, что основной вклад в активность газовых выбросов вносят нуклиды – продукты деления Xe-133,135, Kr-85m,87,88, а также Ar-41 активационного происхождения. В аэрозольной фазе наибольшей активностью обладают продукты активации Na-24, Cr-51, Mn-54, Co-58,60, Ag-110m, продукты деления I-131, Cs-134,137,138, Ru-103,106, в меньших количествах обнаруживаются Sr-89,90, Zr-95, Nb-95, Mo-99, Ce-141,144, Np-239. Помимо указанных радионуклидов в выбросах могут присутствовать в небольших количествах актиноиды – α-излучатели. Наиболее опасны из них Pu-238,240, Am-241, Cm-242,244,

U-234,235. Особую группу составляют долгоживущие радионуклиды H-3, C-14, Kr-85, I-129, которые глобально загрязняют биосферу. Однако основной источник поступления указанных нуклидов в атмосферу – перерабатывающие заводы (70–80 %: C-14; более 99 %: H-3, Kr-85, I-129).

Как и в случае водных сбросов, формирование радионуклидного состава газоаэрозольных выбросов в значительной степени определяется технологической схемой АЭС. Выделяют технологические выбросы, связанные с производством электроэнергии или тепла, и выбросы, связанные с вентиляцией помещений. Технологические и вентиляционные выбросы подвергаются довольно сложной обработке, прежде чем они поступают в атмосферу. Для очистки технологических выбросов, объем которых невелик (10–70 $м^3$/ч – АЭС с ВВЭР и 300–500 $м^3$/ч – АЭС с РБМК), применяют специальные системы газоочистки. Воздух из вентиляционных систем, выбросы которого составляют сотни тысяч кубических метров в час, подвергаются выборочной очистке. На очистку направляется воздух из околореакторных помещений, где вероятны наиболее высокие концентрации радионуклидов. Распространены два метода снижения активности газоаэрозольных выбросов, основанные на временной задержке газов перед выбросом в трубу, в результате чего происходит распад короткоживущих нуклидов. Для этого газы прокачивают через специальные емкости (газгольдеры выдержки) или пропускают через радиохроматографическую систему, основной элемент которой – фильтр-адсорбер. При использовании хроматографической системы время задержки во много раз больше и для разных газов существенно различается. Например, при рабочем объеме адсорбера 20 $м^3$ хроматографический фронт ксенона проходит адсорбер при нормальном режиме за 42 суток, а криптона за 3,5 суток. В радиохроматографической системе происходит также улавливание аэрозолей на самоочищающемся фильтре и, вследствие достаточно большого объема активированного угля в адсорбере, практически полная адсорбция в нем радиоактивного йода. После газгольдеров выдержки дополнительно ставят аэрозольные фильтры и угольные иодные фильтры, работающие по принципу хроматографической колонны. Фильтры очистки характеризуются эффективностью, т. е. долей задержанного фильтром активного аэрозоля или газа, выраженной обычно в %.

Эффективность наиболее распространенных аэрозольных фильтров из ткани ФПП или ФПА обычно превышает 99 %.

Использование систем очистки газоаэрозольных выбросов позволяет резко снизить уровень загрязнения атмосферы радионуклидами

техногенного происхождения.

Методы и средства радиоэкологического мониторинга.

Радиометрическое обследование территорий

Большое значение при использовании радиоактивных веществ в народном хозяйстве приобретают природоохранительные мероприятия. Определение их видов и объемов ставит перед службой радиационной безопасности ряд задач, решение которых требует постоянного радиационного контроля объектов окружающей среды. Одно из ведущих мест при осуществлении его занимают радиометрические γ-съемочные исследования.

В процессе проведения радиометрических исследований выделяются аномальные участки, вызванные: радиоактивным загрязнением объектов окружающей среды; повышенным содержанием естественных радиоактивных элементов в горных породах, слагающих изучаемую территорию и находящихся в стройматериалах архитектурных сооружений и дорожных покрытий; работой различных излучающих установок; наличием радиоактивных веществ в хранилищах и специальном транспорте.

По характеру распространения аномальные участки могут быть локальными (от точечных до десятков квадратных метров) и площадными (сотни и тысячи квадратных метров).

В зависимости от решаемых задач, масштаба и условий изучаемых территорий γ-измерения могут выполняться в модификациях авиационной, автомобильной и пешеходной γ-съемок.

Аэрогамма-съемка – высокопроизводительный метод, позволяющий оперативно, равномерно и равноточно оценить радиационную обстановку территорий без каких-либо ограничений, обусловленных геоморфологическими особенностями местности и участками ограниченных возможностей передвижения по поверхности людей и транспорта. Высокая производительность метода позволяет использовать его при изучении тенденции изменения радиационной обстановки во времени, что особенно важно при контроле за последствиями крупномасштабных радиационных поступлений.

С учетом сложности организации аэрогамма-съемки и относительно высокой стоимости работ эти исследования целесообразно проводить для регионального изучения промышленных районов или регионов на площадках, составляющих сотни и тысячи квадратных километров.

Высокая эффективность работ достигается при использовании высокочувствительных аэрогамма-спектрометрических станций типа ГСА-

70, СКАТ-77 и т. п., установленных на самолете или вертолете, по сети прямолинейных маршрутов.

Целесообразность использования аэрогаммаспектрометрической аппаратуры подтверждается получением дополнительной информации по дифференциальным каналам, в некоторых случаях позволяющей проводить отбраковку так называемых «ложных» аномалий, которые обусловлены различными причинами как аппаратурного, так и методического плана.

Настройку, градуировку, поверочные испытания аэростанций осуществляют в соответствии с требованиями действующих инструкций по эксплуатации аппаратуры.

Точность аэрогамма-съемки определяется по результатам контрольных маршрутов, составляющих не менее 5 % общего объема работ.

Привязку сети наблюдений осуществляют в зависимости от района работ и от разрешительной системы в пределах зоны действия объекта. Основной вид привязки маршрутов – штурманская аэровизуальная. Местоположение выявленных в процессе аэрогамма-съемки аномальных участков определяют по топокартам масштаба 1:2000.

В пределах выявленных аномальных участков с помощью прибора СРП-68-01 проводят начальные заверочные работы, в результате которых производят их привязку на местности к четким ориентирам. В случае необходимости организовываются дезактивационные работы.

Объединением в разное время для решения названных выше задач были выполнены опытно-методические аэрогамма-спектрометрические работы по определению возможностей метода в различных условиях.

Необходимость проведения аэропоисковьгх работ над территорией крупных жилых массивов с разновысотными зданиями и промышленными предприятиями определила их выполнение на сравнительно больших высотах (90–130м).

Высоты 130–140 м являются предельными для динамического диапазона схемы автоматического приведения и поэтому на указанных высотах при виражах и кренах летательного аппарата возникают ложные записи аномалий.

Для контроля и надежного исключения из рассмотрения указанных записей при подготовке прибора к работам была введена дополнительная регистрация измерений на высоте полета.

Метод обеспечивает выделение конкретных участков с различными значениями мощности экспозиционной дозы γ-излучения, отмечающихся в пределах двух-трех фоновых уровней. Это позволяет с высокой

точностью и достоверностью определять радиационную обстановку и ее реальную опасность для населения с учетом как факторов, определяемых естественной радиоактивностью пород и содержанием естественных радионуклидов в строительных материалах, так и факторов техногенного характера. Анализ полученных результатов дает возможность ориентировать постановку первоочередных наземных работ и определить очередность их проведения.

Автогамма-съемка – достаточно производительный метод, позволяющий осуществлять изучение радиационной обстановки мест, доступных для проезда автотранспорта по проезжей части дорог, магистралей, улиц, дворов и т. п. Автогамма-съемочный метод является основным методом контроля маршрутов следования спецавтотранспорта при перевозке радиоактивных отходов. Он может выявлять участки радиоактивных загрязнений, расположенные на дорожном полотне и вблизи от проезжей части.

Сеть наблюдения и число маршрутов определяются возможностями проезда автотранспорта и разрешающей способностью аппаратуры.

При проведении съемки используются автогамма-станции СГ-65, РА-69, АРС-1, автомобильные гамма-спектрометры АГС-3, РС-300 «Нева» и другие автогамма-станции, выполненные на базе типовых блоков детектирования и регистрирующей аппаратуры.

Как показывает опыт, наиболее эффективно использование станций с большим объемом детектора и соответственно с большей чувствительностью.

Конструкция используемых станций позволяет регистрировать мощность экспозиционной дозы γ-излучения по интегральному каналу в пределах 0,3–3,0 МэВ и по дифференциальным каналам автогаммаспектрометрических станций в заданном диапазоне энергий, как правило, соответствующем радионуклидам, наиболее часто используемыми в народном хозяйстве и являющимися наиболее частыми источниками радиоактивных загрязнений.

Подготовку аппаратуры к работе, ее настройку, градуирование, проведение контрольных измерений и основных съемочных маршрутов выполняют в соответствии с инструкциями по эксплуатации и настройке используемой аппаратуры.

Ежедневно до начала рабочего маршрута и по его окончании выполняется заезд по эталонному контрольному маршруту (ЭКМ), который представляет собой маршрут длиной 0,5–1,0 км с различным уровнем γ-фона. Можно иметь несколько ЭКМ в зависимости от конкретных

условий (удаленность района работ от базы и т. п.). В промежутках между замерами по контрольному маршруту автостанция периодически контролируется по рабочему источнику, который для спектрометрических станций должен быть комбинированным и обеспечивать приращение показаний по всем каналам над фоном не менее половины рабочей шкалы.

Автогамма-съемочные маршруты проводятся экипажем в следующем составе: оператор, штурман, водитель.

Скорость движения автомобиля не превышает 15–20 км/ч. В процессе движения станции осуществляется привязка маршрута к легко опознаваемым ориентирам путем засечек на ленте записи.

В ходе проведения маршрута регистрируются особенности дорожного покрытия и другие данные, необходимые для объяснения изменения фоновых значений и разбраковки аномалий.

Если обнаружены аномальные участки, характеризующиеся на ленте записи экстремальными резкими «пиками» на фоне флуктуации γ-поля, проводят повторные детализованные маршруты участка со скоростью до 5 км/ч.

При подтверждении аномалий оператор проводит ряд пешеходных маршрутов с радиометром СРП-68-01 для определения эпицентра аномалии, площади распространения, возможного аномалообразующего объекта, условий залегания. Им же осуществляется привязка участка к четко опознаваемым на местности ориентирам, составляются кроки (схематический план расположения аномалий).

На аномалиях, обусловленных радиоактивным загрязнением, для подготовки дезактивационных работ проводят детализационные и оценочные работы комплексом пешеходных радиометрических методов, которые целесообразно выполнять специальным подразделением.

Качественно автогамма-съёмки оцениваются контрольными маршрутами (с хорошо опознаваемыми на местности ориентирами), объем которых должен составлять не менее 5 % общего объема работ.

По результатам контрольных наблюдений вычисляют среднюю квадратическую погрешность σ и относительную погрешность измерений δ.

Средняя квадратическая погрешность не должна превышать 2 мкР/ч, а относительная погрешность измерений – 10 %.

Результаты автогамма-съемочных работ оформляются в виде графиков мощности экспозиционной дозы по маршрутам следования или карт распределения мощности экспозиционной дозы γ-излучения в случае

площадных работ.

Пешеходная радиометрическая съемка – наиболее распространенный и доступный для производства метод радиационного контроля с целью охраны окружающей среды. Решаемыми съемкой задачами являются: выявление участков радиоактивного загрязнения радионуклидами техногенного происхождения (искусственными или естественными) в пределах контролируемой, санитарно-защитной, наблюдаемой зон; оценка радиационной обстановки территорий, включающих населенные пункты и города; определение на местности и детализация аномальных участков, выявленных в результате аэро- и авто-радиометрических съемок; определение объемов работ по ликвидации и дезактивации участков радиоактивного загрязнения.

В зависимости от поставленных задач пешеходная γ-съемка может выполняться в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

При проведении съемки в пределах санитарно-защитной и наблюдаемой зон наиболее оптимальным является масштаб 1:5000.

Сеть профилей ориентируется перпендикулярно протяженным формам рельефа и направлению движения поверхностных вод, разбивается и закрепляется на местности через 50 м. Интервалы между фиксированными точками наблюдений по профилю могут колебаться в пределах от 2–51 до 20–30 м в зависимости от характера изменения поля.

Для территорий городов и населенных пунктов оптимальным для первоначального поиска является масштаб 1:2000. Расстояние между маршрутами составляет 20 м при интервале между фиксированными точками по профилю 10–20 м, который в зависимости от характера изменчивости поля может быть уменьшен до 2–5 м.

Гамма-съемку масштабов 1:1000 и 1:5000 осуществляют на территориях контролируемой зоны ПЗРО, промышленных и других предприятий, лечебных, культурно-просветительных заведений, других учреждений, на которые доступ населения ограничен, а также в пределах площадей известных очагов радиоактивного загрязнения и участков, характеризующихся повышенным γ-фоном территории.

Сеть измерений при проведении этих съемок соответственно составляет 10 и 5 м между профилями и от 1 до 5 м между фиксированными точками по профилю (в зависимости от изменчивости регистрируемого γ-поля).

Наблюдения проводятся по предварительно намеченным на рабочей схеме профилям и пунктам фиксированных измерений, на которую выносятся результаты всех измерений, выполненных в процессе съемки.

Рабочая схема представляет собой выкопировку из топографической карты соответствующего масштаба съемки, на которую выносятся особенности участка работ: поля, леса, гидрографическая сеть, контуры жилых массивов (дома, улицы, проезды), зеленые насаждения, пустыри, парки, производственные строения и т. п.

Крупный масштаб съемки с учетом наличия легко опознаваемых ориентиров позволяет определение положения профилей и точек наблюдения на местности осуществлять глазомерно. В случае отсутствия ориентиров (лесопарковые массивы, поля, луга, пустыри и т. п.) наряду с измерениями по инструментально разбитой сети наблюдений допускается использование компаса или буссоли.

Пешеходную радиометрическую съемку выполняют приборами РУП-1 с бета-датчиками, ПРН-4-01 (гамма-радиометр направленного приема), СРП-68-01 и ДП-5. Наиболее эффективной и производительной при решении задач радиационного контроля является γ-съемка с измерением мощности экспозиционной дозы γ-излучения с помощью прибора СРП-68-01.

Настройку, градуировку приборов, а также подготовку их к измерениям и сами измерения осуществляют в соответствии с действующими техническими инструкциями по эксплуатации.

Радиометрические измерения проводят метрологически поверенными приборами.

При осуществлении γ-съемки силами рабочих групп показания радиометров увязывают между собой на опорных контрольных пунктах (ОКП), которые могут находиться в местах базирования групп. ОКП выбираются на ровных площадках со спокойными фоновыми значениями γ-поля, удаленных от строений не менее чем на 10 м. Выбранные ОКП отмечаются на рабочих схемах. Измерения на них производятся в начале и конце рабочего дня и не должны отличаться более чем на 10 %.

В процессе проведения съемки периодически через 2 ч необходимо проверять чувствительность радиометра по контрольному источнику и через каждый час контролировать режим питания прибора.

Основными элементами пешеходной γ-съемки являются непрерывное прослушивание в телефон радиометра частоты следования импульсов и наблюдение показаний прибора по шкале.

При прослушивании оператор перемещает детектор перпендикулярно линии движения на высоте 10–50 см, чем достигается охват исследуемой площади шириной до 2 м. Скорость движения при этом не

должна превышать 2,0 км/ч.

Измерения в фиксированных точках осуществляются приложением торца датчика к поверхности земли при т = 5.

При выявлении аномальных значений мощности экспозиционной дозы γ-излучения, не связанного с очевидными источниками (облицовка зданий, покрытие дорог, изменение геометрии измерений и т. п.), проводят детализацию по площади серий коротких параллельных или лучевых профилей до выхода в нормальное поле (фоновые значения). При этом определяют общие размеры аномального участка, находят и обозначают на местности эпицентры локальных аномалий, измеряют их максимальное значение МЭД.

За нижний предел аномалии обычно принимают уровни мощности экспозиционной дозы, превышающие фоновые значения местности на значения, соответствующие трехкратному среднему квадратическому отклонению от фона.

При детальной оценке аномалий – определении распространения загрязнений на глубину или определении инфильтрационной миграции радионуклидов в пределах зоны строгого режима применяют шпуровую съемку с помощью прибора СРП-68–03.

Качество пешеходной γ-съемки определяют с помощью контрольных наблюдений, объем которых составляет 5 % всего объема наблюдений по профилям с хорошо опознаваемыми на местности пунктами наблюдений. По результатам основных и контрольных наблюдений определяют среднюю квадратическую погрешность измерений и относительную погрешность измерений (в %). Средняя квадратическая погрешность измерений, как правило, не превышает 2 мкР/ч, а относительная – 10 %.

Пешеходной радиометрической съемкой в пределах зоны строгого режима выделено несколько участков загрязнения поверхности радионуклидами.

Все аномалии приурочены к локальным понижениям рельефа в непосредственной близости от хранилищ с радиоактивными отходами и прилегающим к ним дренажным канавам.

С учетом многолетнего опыта и результатов комплексного радиационного контроля окружающей среды, принятого в объединении, основными научными проблемами в области радиационной безопасности населения и защиты окружающей среды в связи с эксплуатацией ПЗРО можно считать:

− разработку систем обеспечения надежности и безопасности

объектов ПЗРО при переработке, временном хранении и вечном захоронении радиоактивных отходов;

− проведение комплексных (радиационных, химических) эколого-гигиенических исследований возможного действия ПЗРО на окружающую среду;

− разработку методов прогноза, а также экспериментального определения суммарной активности и радионуклидного состава сбрасываемых в атмосферу и водную среду радиоактивных продуктов, образующихся в процессе нормальной эксплуатации ПЗРО и при возникновении аварийных ситуаций различной степени тяжести;

− создание простых в использовании и единых для всех организаций и учреждений, занимающихся проектированием и эксплуатацией ПЗРО, методик расчета доз при облучении населения за счет газоаэрозольных выбросов и жидких сбросов радиоактивных продуктов деятельности ПЗРО;

− разработку и внедрение в практику методик расчета предельно допустимых выбросов (ПДВ) и сбросов (ПДС), а также контрольных уровней выбросов и сбросов радиоактивных веществ для нормальной эксплуатации объектов ПЗРО с учетом народнохозяйственного использования района его размещения;

− оценку радиационных последствий для населения и окружающей среды аварийных ситуаций на ПЗРО, эффективности различных профилактических и защитных мероприятий, направленных на снижение дозовых нагрузок на население, а также определение пределов дозы, при достижении которых необходимо выполнение защитных мероприятий;

− научное обоснование оптимального объема и требований к средствам контроля за радиационной обстановкой в районе расположения ПЗРО.

Отбор и подготовка образцов почвы. Отбор образцов представляет собой важный этап любого радиоаналитического определения, имеющий решающее значение для обеспечения правильности конечных результатов анализа.

Образцы почвы отбирают с помощью специальных зондов, достигающих глубины 20 см, причем для составления одного среднего образца почву зондируют не меньше 30 раз. Если исследуется поверхностное загрязнение почвы, то отбирают образцы из верхнего слоя (до глубины 5 см).

Из среднего образца почвы (массой около 1,5 кг) удаляют камни и другие ненужные примеси (корни, солому и т.п.). Затем почву

высушивают на фильтровальной бумаге на открытом воздухе. Далее образец размельчают и в размельченном виде просеивают через сито (обычно с размером ячеек около 2 мм).

Составление радиологических картограмм. Полевые работы считаются законченными, когда все требуемые графы «Ведомости агрохимического и радиологического обследования почв хозяйства» заполнены, площади элементарных участков уточнены и сверены по полям с данными землеустроительного плана, осуществлен контроль за качеством работ, а почвенные образцы переданы в аналитическую лабораторию. После выполнения анализов составляются картограммы.

Для каждого хозяйства, где имеются сельскохозяйственные угодья, загрязненные радионуклидами, проводится группировка почв по плотности загрязнения цезием-137 и стронцием-90 (табл. 6.2). Для указанных хозяйств в обязательном порядке готовятся картограммы загрязнения почв радионуклидами.

Картограммы загрязнения почв радионуклидами должны быть раздельными – отдельно по стронцию и отдельно по цезию. При незначительном загрязнении почв стронцием – 90 возможна подготовка совмещенных картограмм загрязнения почв радионуклидами. При этом фактическое значение плотности загрязнения элементарных участков радионуклидами вписывается в круг диаметром 1,5 см, по цезию-137– в числитель, по стронцию-90 – в знаменатель.

Таблица 6.2. **Градация по степени загрязнения радионуклидами почв**

Степень загрязнения	Цезий-137	Стронций-90	Обозначение на картограммах
	Плотность загрязнения, Ки/км^2		
1	Менее 1	Менее 0,15	Не окрашивается
2	1,0–4,9	0,15–0,30	Голубой
3	5,0–9,9	0,31–0,50	Синий
4	10,0–14,9	0,51–1,00	Зеленый
5	15,0–29,9	1,01–2,00	Желтый
6	30,0–39,9	2,01–2,99	Оранжевый
7	40 и более	3,00 и более	Красный

Для разработки мер, направленных на снижение вторичного загрязнения в результате водной и ветровой эрозии, на картограммах отмечаются элементарные участки дерново-подзолистых суглинистых и связносупесчаных почв с крутизной склона 3°–5° и более 5° с пометкой значками красного цвета: 3°–5° (<) и более 5° (< <).

Дефляционноопасные почвы отмечаются значком (#) красного

цвета. Информация записывается в электронную базу данных агрохимических и радиологических свойств почв и передается в НИГП «Институт почвоведения и агрохимии».

Данные о содержании в почвах сельскохозяйственных угодий обменного кальция; серы; подвижных форм микроэлементов – бора, меди, цинка, марганца, кобальта, радионуклидов – цезия, стронция; валового количества тяжелых металлов – свинца, кадмия, цинка, меди заносятся в агрохимические паспорта полей и рабочих участков, которые вместе с агрохимическими картограммами передаются в хозяйства для практического использования.

ЛЕКЦИЯ 7
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В ПРЕДЕЛАХ УРБОЛАНДШАФТОВ

Структура и содержание работ по мониторингу городской среды. Под мониторингом земель понимается система наблюдения за состоянием земельного фонда для своевременного выявления изменений, их оценки, предупреждения и устранения последствий негативных процессов. Мониторинг в широком смысле понимается как процедура отслеживания изменений в тех или иных процессах, явлениях.

При разработке и реализации системы мониторинга городских земель особое внимание уделяется анализу изменений и негативных процессов на городских землях.

Результаты мониторинга городских земель необходимо учитывать при проектировании мероприятий по рациональному использованию и охране земель.

Специфика мониторинга городских земель по отношению к мониторингу земель вообще определяется функциональным назначением городских земель, а также их несельскохозяйственным использованием и многофункциональностью, незначительными размерами городских землепользований и землевладений, высокими требованиями к точности определения их границ и площадей, более крупными масштабами картографирования результатов мониторинга, большей насыщенностью территории объектами недвижимости (их пространственной концентрацией).

В городских условиях наиболее существенное значение отводится мероприятиям по рациональному использованию земель, предотвращению их нецелевого использования.

Нарушения земельного законодательства представляют собой несоблюдение требований, предъявляемых при использовании земель действующим земельным законодательством в виде нормативно-правовых актов различного статуса. Для предотвращения подобных нарушений и устранения отрицательных последствий необходимо проводить государственный контроль за использованием и охраной земель, рассматриваемый в качестве системы, осуществляемых от имени государства мероприятий по обеспечению соблюдения всеми юридическими и физическими лицами требований земельного законодательства.

Обычно оценка состояния среды жизни города включает в себя оценку следующих сред и факторов:

– воздушного бассейна (выявление опасности его загрязнения в зависимости от природно-климатических факторов района или города);

– водных объектов (выявление источников загрязнения; оценка возможности использования воды для питьевого и технического водоснабжения, орошения, рыболовства, судоходства, выработки электроэнергии и др.; определение расхода воды; оценка санитарно-гигиенического состояния подземных вод, осадков, стоков);

– геологической среды и нарушенности территорий (выявление инженерно-геологических особенностей пород, геологических процессов, связанных с рельефом, гидрогеологическими и ландшафтно-климатическими условиями; выявление нарушенных территорий и оценка их развития);

– почв (оценка санитарно-гигиенического состояния, нарушенности в результате эрозии и др.; выявление химического или бактериологического загрязнения);

– растительного мира (оценка качества озелененных территорий, формирования ландшафта; экологические критерии – возможность деградации озеленения, защитная роль, рациональное соотношение озелененных и застроенных территорий и др.; санитарно-гигиенические критерии – оздоровление атмосферы и улучшение микроклимата, шумозащищенность и др., эстетические критерии);

– животного мира (оценка видового состава, тенденции его изменения под влиянием антропогенных нагрузок, необходимости охраны редких животных, выявление причин деградации);

– шумового режима территории (выявление источников шума, получение их акустических характеристик; создание карт расчетных уровней шума);

– вибрационного (транспорт, оборудование и др.),

электромагнитного (радио- и телестанции, радиолокаторы, генераторы и др.), температурного (ТЭЦ, промышленные предприятия и др.) полей и их воздействий на среду.

Оценка указанных факторов окружающей среды, производимая на основе мониторинга, служит не только для принятия мер по предотвращению недопустимых загрязнений, но и для учета этих факторов при проектировании. Так, например, на уровень загрязнения атмосферы влияет не только сочетание метеорологических факторов, но и состояние инверсии воздушного бассейна, особенности рельефа (возможность стока воздушных загрязнений по склону при неблагоприятной метеорологической обстановке, возможность скопления выбросов в замкнутых понижениях рельефа и др.).

Оценка загрязненности подземных вод служит основой при выборе защиты продуктивных водоносных горизонтов и водозаборов или разработке рекомендаций по переносу водозабора.

После принятия решения о переходе на путь устойчивого развития всех стран и городов мира несколько изменился подход к оценке качества городской среды. Она стала зависеть от степени устойчивости развития города. С самого начала создания концепции устойчиво развивающегося города необходим был выбор реальных, поддающихся измерению параметров такого города. Ответ на вопрос о приближении города к устойчивому развитию или удалении от него можно получить, сверяя показатели функционирования с индикаторами устойчивого развития.

Индикаторы устойчивого развития города – это, как правило, численные, измеряемые значения ряда параметров развития города и его среды, которые можно оценить либо по их абсолютной величине, либо путем сравнения с наблюдавшимися ранее значениями этих параметров. Во многом эти индикаторы стали показателями качества среды жизни человека, которые должны быть достигнуты в здоровом, экологичном городе.

Основные принципы ведения мониторинга городской среды. В городе земля должна рассматриваться не только как плоскость, но и как сумма некоторых подземных и надземных территорий. Поэтому здесь неизмеримо выше степень техногенного и антропогенного воздействия на все категории земель. Если земли города рассматривать как объект управления, то конечной целью мониторинга земель является сбор и постоянная актуализация информации для принятия управленческого решения. Основными функциональными задачами мониторинга земель являются:

1) своевременное выявление изменений состояния земель, оценка и прогнозирование этих изменений, выработка предложений о предотвращении негативного воздействия на земли, об устранении последствий такого воздействия;

2) обеспечение органов государственной власти информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель в целях реализации полномочий данных органов в области земельных отношений, включая реализацию полномочий по государственному земельному надзору (в том числе для проведения административного обследования объектов земельных отношений);

3) обеспечение органов местного самоуправления информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель в целях реализации полномочий данных органов в области земельных отношений;

4) обеспечение юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель.

Объектом мониторинга городских земель является городской земельный фонд (с учетом наземных, надземных и подземных объектов) независимо от форм собственности на землю, целевого назначения и характера их использования. Задачей мониторинга городских земель становится создание системы слежения за изменениями баланса земель. Сокращение доли земель общего пользования, лесопокрытых территорий, земель водного фонда прямо или косвенно сказывается на снижении удобств и комфортности проживания, экологическом состоянии территории. Ведение мониторинга городских земель должно осуществляться по единой методологии с соблюдением принципа взаимной совместимости информации, основанной на применении единой государственной системы координат, высот, картографических проекций, единых классификаторов, кодов, системы единиц, входных и выходных форматов.

В зависимости от размеров наблюдаемой территории выделяются различные уровни мониторинга. Различают мониторинг региональный, городской (охватывающий площадь в пределах городской черты с выделением земель, ограниченных границами административно-территориальных образований) и локальный (осуществляемый в границах административно-территориальных образований, на территориях отдельных землевладений и землепользований).

В зависимости от целей наблюдения государственный мониторинг земель подразделяется на мониторинг использования земель и

мониторинг состояния земель. В рамках мониторинга использования земель осуществляется наблюдение за использованием земель и земельных участков в соответствии с их целевым назначением. В рамках мониторинга состояния земель осуществляются наблюдение за изменением количественных и качественных характеристик земель, в том числе с учетом данных результатов наблюдений за состоянием почв, их загрязнением, захламлением, деградацией, нарушением земель, оценка и прогнозирование изменений состояния земель.

К городам различного ранга (по площади, численности населения, структуре производства) следует подходить дифференцированно. Для небольших городов нужно выделять следующие уровни мониторинга земель: локальный местный (охватывающий площадь в пределах городской черты) и локальный детальный (в границах отдельных землевладений и землепользований).

Разнообразные параметры и показатели мониторинга определяются с различной периодичностью, зависящей от характера конкретных наблюдений.

Наблюдения могут быть базовыми (исходные, фиксирующие состояние объектов наблюдений на момент начала ведения мониторинга земель), периодическими (через год и более), оперативными и ретроспективными.

Результаты государственного мониторинга земель систематизируются и хранятся в государственном фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды).

Информация о результатах государственного мониторинга земель является общедоступной.

Негативные процессы, влияющие на состояние компонентов природной среды городов. Большинство изменений в городской среде направленного, векторного характера можно считать процессами. Они, протекая на земельных участках влияют на качество и стоимость земли.

В конкретных условиях одни и те же процессы могут иметь как отрицательные, так и положительные последствия. Так, рост плотности застройки помогает решению жилищной проблемы в городе, но снижает качество, удобство проживания, уменьшая, к примеру, озелененность территорий. Некоторые процессы имеют разнообразные отрицательные последствия: подъем уровня грунтовых вод, с одной стороны, снижает устойчивость подземных частей зданий и сооружений, а с другой стороны – увеличивает риск проявления карстово-суффузионных

процессов.

Приоритетное значение придается негативным процессам на городских землях, рассматриваемым как комплекс устойчивых динамических природных и антропогенных явлений, приводящих к отрицательным изменениям состояния городских земель, ухудшению характеристик их качества, а также к несоответствию состояния городского земельного фонда требованиям освоения, снижению эффективности использования городских земель и, в конечном итоге, к снижению ценности земель. Оценка качества городских земель в значительной мере является оценкой негативных процессов. Оценка негативных процессов и их воздействие на состояние земель в городских условиях происходят на фоне непрекращающейся социальной активности и деятельности в городе; выявляются процессы, происходящие во всех городских средах. При этом осуществляется масштабно и территориально дифференцированный подход к оценке и выделению на картах различных масштабов негативных процессов в зависимости от конкретных видов и степени проявления процесса. На рис. 7.1 приведена классификация негативных процессов, протекающих на городских землях.

Рис. 7.1. Классификация негативных процессов на городских землях

Анализ негативных процессов осуществляется в процессе следующих оценок:

1. Воздействий на городские земли и среды (выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод, строительные работы и т.п.).

2. Изменений состояния городских земель и сред (уровень загрязнения атмосферы, водных объектов, границ землепользований и т.п.).

3. Последствий (деформация зданий и сооружений, суммарные затраты времени на передвижение населения, состояние здоровья жителей и т.п.).

4. Устойчивости природных компонентов и комплексов к антропогенным воздействиям (самоочищающая способность атмосферы, почв, вод и т.п.).

На основе анализа негативных процессов разрабатываются контрмеры по предупреждению и устранению последствий этих процессов.

Комплексная оценка негативных процессов интегрируется на основании детальных оценок с трех точек зрения:

– экономической;

– социальной;

– экологической.

Показатели анализа негативных процессов и оценки эффективности использования городских земель следует использовать в практике правового (например, при проведении государственной экспертизы негативных процессов, консервации земель при недопустимой степени развития отдельных негативных процессов) и экономического регулирования землепользования (для применения штрафных санкций за развитие и для экономического стимулирования за недопущение негативных процессов).

Негативные процессы, влияющие на инженерно-строительное состояние земель. Развитие процессов, негативно сказывающихся на инженерно-строительном состоянии городских земель, обусловлено природно-климатическими условиями территории, а также интенсивностью ее использования. Рассматриваются состояние рельефа и геологической среды (недр) в пределах города, а также конкретные факторы природно-техногенного воздействия (экзогенные и эндогенные процессы и т.п.).

Негативные последствия ряда процессов, протекающих в городских недрах, ведут к повышению геологического риска проживания людей на территории городов. Нарушение устойчивости геологической среды провоцирует преждевременные деформации зданий и сооружений,

ускоряет разрушение коммуникаций и наносит существенный материальный ущерб городу.

Интенсивность опасных геологических процессов, влияющих на инженерно-строительное состояние городских земель, во многом зависит от характера геологической среды. Эта среда, в том числе и деформации земной коры, определяет вид возникающих процессов и многие специфические черты их динамики. Обязательной является оценка качества грунтов, их гранулометрического состава и несущей способности.

На инженерно-строительное состояние городских земель оказывает влияние и освоение подземного пространства на глубину до 200 м, и связанные с этим отрицательные процессы и явления (уплотнение грунтов, активизация карстово-суффозионных процессов, нарушение температурного режима пород), а также захламление городских земель промышленными и бытовыми отходами (вплоть до возникновения мощного слоя техногенных отложений).

Недоучет конкретных инженерно-геологических условий на различных стадиях проектирования и строительства приводит к значительным амортизационным издержкам при эксплуатации зданий, сооружений и инженерных коммуникаций, обусловленных их деформацией и разрушением. В связи с этим состояние геологической среды необходимо учитывать уже на начальных стадиях геологической среды учитывать уже на начальных стадиях градостроительного проектирования для обеспечения эффективности инженерных защитных мероприятий.

К наиболее опасным геодинамическим процессам относятся оползневые и эрозионные, карстово-суффозионные и подтопления. Рассмотрим отдельные процессы более детально.

Карстово-суффозионные процессы

К карстово-суффозионным процессам относятся опускания участков дневной поверхности вследствие уменьшения объема почвенно-грунтовой массы, вызванного выщелачиванием растворимых солей или переупаковкой минеральных частиц под влиянием смачивания. Карстовые процессы связаны с растворением карбонатных пород, карстово-суффозионные – с вымыванием и выносом заполнителя из глинистой и суглинистой грунтовой толщи, процессы механической суффозии – с выносом мелкозема подземными водами из песчаной толщи трещиноватых известняков. Они часто стимулируются нарушением геодинамического режима, изменением уровня грунтовых вод в результате откачек и проявляются на поверхности в виде западин, трещин, воронок и т.п.; приводят к опаснейшим и трудно прогнозируемым явлениям на территории

города – образованию глубоких провалов, ям и непрерывному оседанию отдельных участков поверхности земли.

В зависимости от причины развития, карстово-суффозионные процессы относятся к группам природных и природно-техногенных процессов.

Оседание грунта над разрыхленной карстовой погребенной полостью происходит как от собственного веса, так и от веса зданий и сооружений.

Суффозия развивается и в естественных условиях (в местах выхода на поверхность подземных вод – на склонах берегов рек, в оврагах), и в условиях техногенных. Так, суффозионные провалы могут быстро образовываться при крупных авариях водопровода, при постоянных утечках малого объема из водопровода и канализационной сети.

Провалы могут возникать и без участия карстово-суффозионных явлений, а за счет гравитационного обрушения лежащих над искусственными подземными полостями (погреба, подземные переходы и т.п.) грунтов. Такие явления характерны для городов, имеющих длительную историю освоения городской среды, в том числе и подземной.

Основными методами, применяемыми при мониторинге карстово-суффозионных процессов, являются дистанционное зондирование и повторное картографирование. Интенсивность проявления карстово-суффозионных процессов принято оценивать количеством воронок, приходящихся на единицу территории (табл. 7.1)

Таблица 7.1. **Шкала оценки карстово-суффозионных процессов на городских землях**

Количество воронок	Интенсивность проявления процессов
Нет	Отсутствуют
1	Слабая
2–5	Опасная
>5	Чрезвычайная

Кроме того, важно оценивать степень опасности потенциального возникновения карстово-суффозионных процессов в городе. Карстовая опасность, обусловленная закарстованностью растворимых пород, и карстово-суффозионная опасность, связанная с нарушением устойчивости покрывающих песчано-глинистых толщ, оцениваются отдельно.

Основным критерием для оценки карстовой опасности является степень трещиноватости и закарстованности карбонатных пород. По этим критериям выделены три категории карстовой опасности (табл. 7.2).

Таблица 7.2. **Критерии выделения категорий карстовой опасности на городских землях**

Категория карстовой опасности	Критерии выделения
Весьма опасная	Существуют зоны повышенной трещиноватости в каменноугольной толще, к которым приурочены днища доюрской и доледниковых погребенных долин; карбонатные породы интенсивно трещиноваты и неравномерно закарстованы: сильно разрушены, содержат много открытых и закольматированных (заиленных) полостей разного размера
Опасная	Карбонатные породы интенсивно и неравномерно закарстованы, сильно разрушены, содержат много полостей разного размера.
Малоопасная	Карбонатные породы кавернозны и слаботрещиноваты

В качестве критериев для оценки карстово-суффозионной опасности приняты мощность, состав и условия залегания перекрывающей толщи, режим подземных вод и наличие провалов и оседаний земной поверхности. Выделяют также три категории опасности (табл. 7.3).

Таблица 7.3. **Критерии выделения категорий карстово-суффозионной опасности на городских землях**

Категория карстово-суффозионной опасности	Критерии выделения
Весьма опасная	Закарстованная толща перекрыта песчаными породами, или в основании перекрывающей толщи залегает слабопроницаемый глинистый слой мощностью менее 10 м, и имеются критические значения напоров подземных вод; на земной поверхности встречаются провалы и оседания
Опасная	Закарстованная толща перекрыта песчаными породами, или в основании перекрывающей толщи залегает слабопроницаемый глинистый слой мощностью менее 10 м, избыточные напоры подземных вод имеют докритические значения; провалы и оседания земной поверхности отсутствуют
Малоопасная	Мощность слабопроницаемых глинистых пород, перекрывающих закарстованную толщу, превышает 10 м; избыточные напоры подземных вод имеют докритические значения

Подтопление территории

Подтопление – это повышение уровня подземных вод сверх его критической глубины залегания (как правило, 3 м), приводящее к нарушению хозяйственной деятельности на данной территории.

В зависимости от причины развития, процесс подтопления

относится к природно-техногенным негативным процессам. Основными методами, применяемыми при мониторинге подтопления, являются дистанционное зондирование и повторное картографирование.

Технологию повторного картографирования для характеристики процесса подтопления городских земель следует рассмотреть подробнее. Пробоотбор для анализа процесса подтопления в масштабе 1:100000 – 1:50000 осуществляется по точкам полностью или случайно упорядоченной километровой сети опробования, когда одна проба берется из квадрата 1×1 км.

Такая сеть соответствует региональному уровню ведения мониторинга земель. Локальному местному уровню ведения мониторинга земель соответствует 100-метровая сеть опробования, а результаты отображаются на картографическом материале масштаба 1:25000 – 1:10000. В точке опробования определяется степень подтопления городских земель. Это делается по величине измеренного с точностью до дециметра уровня подземных вод на основании шкалы (табл. 7.4.)

Таблица 7.4. **Шкала оценки процесса подтопления городских земель**

Уровень грунтовых вод, м	Степень подтопления
≥ 3,1	Допустимое
2,1–3,0	Слабое
1,1–2,0	Опасное
≤ 1,0	Чрезвычайное

Под влиянием интенсивного водоотбора подземных вод происходит региональное снижение уровня подземных вод, изменение гидрогеологических условий. Впоследствии возможно оседание земной поверхности, развитие оползней, а при наличии карстующих пород – проявление карстово-суффозионных процессов. Этот процесс усиливает и проявление эрозии. Одновременно под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности повышается уровень грунтовых вод, при этом на участках, сложенных водоупорными породами, происходит подтопление территории, изменяется химический состав подземных и поверхностных вод, увеличивается их агрессивность. В результате подвергаются коррозии и последующей деформации коммуникации и фундаменты. Поэтому участки территории города, на которых подтопление высоких степеней может привести к наиболее серьезным отрицательным последствиям, оконтуриваются и выделяются штриховкой в качестве ареалов повышенной опасности. Это осуществляется путем сопряженного анализа двух карт – подтопления и функционального зонирования городски

земель – при их наложении друг на друга.

Любое освоение территории ведет к формированию природно-техногенных грунтовых вод, вызывающих хозяйственно-бытовое загрязнение рекреационных зон. В том случае, когда рекреационные и архитектурно-исторические объекты находятся вблизи промышленных предприятий с водоемким производством, возникает возможность воздействия агрессивных вод на бетон, грунты, металл, что ведет к коррозии зданий и подземных коммуникаций. Подтопление территорий, на которых расположены архитектурно-исторические ансамбли, способствует их деформации, тем самым нарушая статус данной категории земель.

Оползневые и эрозионные процессы

Оползневые и эррозионные процессы – это процессы перемещения грунтов по склонам под воздействием гравитации и процессы разрушения верхних горизонтальных почв и подстилающих пород талыми и дождевыми водами (водная эрозия) или ветром (ветровая эрозия). Они приводят, в конечном итоге, к деформации и разрушению зданий и сооружений, находящихся в ареалах их отрицательного воздействия.

В зависимости от причины развития, эти процессы относятся к группам природных и природно-техногенных. В городе они обычно приурочены к руслам рек, речным долинам и овражно-балочной сети.

Оползневые процессы характеризуются площадью оползней и их глубиной, а также массой перемещаемого материала за единицу времени. Выделяют глубокие (характеризующееся площадью до 1 км^2 и глубиной захвата пород до 100 м) и мелкие, или поверхностные (площадью до 0,002 км^2 и глубиной не более 10 м) оползни. Первая группа из них подразделяется на стабильные (не смещающиеся до момента изменения ситуации) и активные (находящиеся на стадии подготовки основного смещения).

Процесс эрозии характеризуется количеством перемещаемого за год материала, приходящегося на единицу площади (т/км^2/год).

Основными методами, применяемыми при мониторинге оползней и эрозии, является дистанционное зондирование, повторное картографирование, а также высокоточные геодезические измерения. Мониторинг оползней, кроме того, включает:

– высокоточное нивелирование по системе грунтовых реперов от бровки склона до его основания;

– упрощенные инструментальные наблюдения по системе марок и штырей за перемещением быстро смещающихся частей тела оползня;

– инструментальные наблюдения по глубинным реперам;

– геофизические исследования;
– буровые работы и наблюдения за режимом подземных вод;
– лабораторные исследования свойств пород;
– физическое моделирование процесса.

Формирование техногенных грунтов

Под процессом формирования техногенных грунтов подразумевается рост мощности культурного слоя антропогенного происхождения, охватывающего значительные площади территории города. Этот процесс относится к группе техногенных; его наличие характерно для городов с вековой историей, происходя за счет захламления городских земель строительными, промышленными и бытовыми отходами в течении длительного времени. Следствия этого процесса весьма затрудняют строительство и существенно удорожают инженерную подготовку территории к застройке, так как техногенные грунты дают значительные просадки под влиянием статических и динамических нагрузок, особенно на подтопленных территориях.

По этой причине происходит деформация зданий и сооружений.

Степень развития процесса формирования техногенных грунтов возможно оценить по средней мощности толщи техногенного грунтового слоя на площади, составляющей не менее 50 % от оцениваемой территории (табл. 7.5). Для этого используется метод прямых измерений при помощи бурения.

Таблица 7.5. **Шкала оценки процесса формирования техногенных грунтов**

Толщина техногенного слоя, м	Развитие процесса формирования техногенных грунтов
< 1	Не выражен
1–3	Слабо выражен
> 3	Сильно выражен

Негативные процессы, влияющие на экологическое и санитарно-гигиеническое состояние городских земель. Экологическое и санитарно-гигиеническое состояние городских земель показывает степень измененности, урбанизированности окружающей природной среды и е пригодности для человеческой жизнедеятельности. Оценка этих аспектов состояния земель характеризует его соответствие требованиям, предъявляемым к нормально функционирующей окружающей природной среде, не оказывающей отрицательного воздействия на здоровье человека. В качестве частных критериев оценки экологического и санитарно-гигиенического состояния городских земель принимаются

разнообразные нормативы (ПДК – предельно допустимая концентрация, ОДК – ориентировочно допустимое количество, ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия, ДУ – допустимый уровень содержания токсиканта). Возможна и бальная оценка отдельных аспектов.

На экологическое и санитарно-гигиеническое состояние земель в городе влияют в различной степени практически все виды человеческой деятельности. К экологически опасным видам хозяйственной деятельности в городе, в первую очередь, относят:

– атомную промышленность;

– энергетику;

– черную и цветную металлургию;

– химическую и нефтехимическую промышленность и размещение складов для хранения ее продуктов;

– добыча и транспорт полезных ископаемых, в том числе нефти и газа;

– целлюлозно-бумажное производство;

– производство, складирование, утилизация и захоронение токсичных и ядовитых отходов, боеприпасов, взрывчатых веществ и ракетного топлива;

– строительства авто- и железных дорог дальнего сообщения, аэропортов;

– размещение крупных сельскохозяйственных объектов;

– размещение крупных водохозяйственных объектов;

– вырубка лесов на больших площадях.

Большинство экологически опасных видов деятельности отрицательно влияет непосредственно на состояние городских почв.

Важный раздел оценки санитарно-гигиенического состояния земель – санитарное состояние почв. Это совокупность физико-химических, химических, биологических свойств, которые определяют влияние или потенциальное влияние почвы на здоровье человека. Его мониторинг и оценка осуществляется при помощи комплекса показателей санитарного состояния почв, включающего санитарно-химические, санитарно-бактериологические, санитарно-гельминтологические и санитарно-энтомологические данные.

Для улучшения санитарного состояния городских земель осуществляют санитарную охрану почв. Это система законодательных, организационных и санитарно-технических мероприятий, направленных на предупреждение и загрязнение почв промышленными и бытовыми

выбросами и отходами, а также вредными веществами, применяемыми в практике градостроительства.

Процесс захламления городских земель.

Под захламлением понимается процесс накопления на городских землях коммунально-бытовых отходов, отходов производственной деятельности предприятий и транспорта, строительных материалов, оборудования и т.п. в непредусмотренных для этих целей местах. Захламление относится к техногенным негативным процессам, влияющим на многие аспекты городских земель в результате ухудшения возможности освоения последних.

Несанкционированное размещение отходов является грубым нарушением норм земельного законодательства.

Особую экологическую опасность представляет крайний случай процесса захламления – образование несанкционированных свалок, под которыми понимают стихийно образовавшиеся геологические тела из отходов бытовой и производственной сферы площадью не менее 0,5 га при мощности техногенных отложений более 1 м (объем более 5000 м^3).

Процесс захламления земель достаточно просто дешифрируется по аэрофотоснимкам. Основной способ его профилактики, кроме архитектурно-планировочных решений, – это недопущение захламления путем упорядочения землепользования и повышения ответственности землепользователей за состояние занимаемых ими участков, а также прекращение завоза некачественных грунтов для строительства и благоустройства.

Процесс химического загрязнения городских земель.

Химическое загрязнение земель – это изменение их химического раствора в результате антропогенной деятельности, способная вызвать ухудшение качество земель. Оно относится, в соответствии с причиной возникновения, к техногенным негативным процессам. Бывают в зависимости от территориального охвата, глобальным, региональным и локальным (импактным). Оценивается по загрязнению почв или снежного покрова, а в отдельных случаях – и воздуха.

Этот процесс, в силу своего исключительно важного, хотя и негативного значения для городской среды, имеет развитую нормативно-правовую базу для его оценки и анализа, в том числе самого высокого уровня – государственные стандарты.

Основным методом, применяемым при мониторинге химического загрязнения земель, является повторное картографирование, но в последнее время получает распространение и дистанционное

зондирование.

Загрязненные земли и почвы содержат физические, химические, физиологические агенты, отрицательно влияющие на окружающую природную среду и здоровье населения. Количество загрязняющих веществ находится в них выше фоновых или установленных нормативами (ПДК или ОДК). Эти земли подлежат контролю загрязнения, т.е. для них проводятся периодические проверки соответствия фактического содержания химических загрязняющих веществ в почве установленным нормам и требованиям.

Главными источниками химического загрязнения земель являются выбросы промышленных предприятий и продукты сгорания автомобильного топлива, поэтому существует тесная связь между загрязнением земель, почв и воздуха. Химическое загрязнение земель часто бывает и следствием их захламления. В силу указанного ведущими практическими мерами борьбы с загрязнением земель являются такие, как внедрение газо и пылеочистных установок (ГОУ) и модернизация технологии производств на стационарных источниках загрязнения, а также уменьшение выбросов от автотранспорта.

Процесс загрязнения земель микроорганизмами

Кроме загрязнения земель химическими и радиоактивными веществами, часто бывает важно количественно оценить наличие в почвенном слое земель паразитарной и патогенной микрофлоры и микрофауны, также определяющих санитарно-гигиеническое состояние земель. Загрязнение земель паразитарными и патогенными микроорганизмами (биологические загрязнение) относится к группе природно-техногенных процессов.

Рассматривая зараженность земель паразитарными и патогенными микроорганизмами, выделяют следующие категории загрязненности почв по эпидемической опасности:

– чистая (для зон повышенного риска и зоны санитарной охраны водоемов);

– чистая (для санитарно-защитных зон);

– загрязненная (для зон повышенного риска и зоны санитарной охраны водоемов);

– загрязненная (для санитарно-защитных зон).

Процесс шумового загрязнения городских земель.

Шум, создаваемый городскими источниками, вентиляционным и технологическим оборудованием, а также вибрация, относятся к физическим факторам, оказывающим вредное воздействие на городскую

среду. Под шумовым загрязнением (зашумлением) понимается процесс роста уровня шума и вибрации выше установленных нормативов. Его относят к техногенным негативным процессам, влияющим на санитарно-гигиеническое и, в случае вибрации, на инженерно-строительное состояние городских земель.

Степень проявления шумового загрязнения земель оценивается по эквивалентному уровню звука на обследуемой территории, измеренному в децибелах. Интенсивность процесса представлена в табл. 7.6.

Таблица 7.6. **Шкала оценки процесса шумового загрязнения городских земель**

Уровень шума, дБА	Степень загрязнения
≤ 34	Зашумление комфортное
35–50	Нормальное
51–60	Среднее
61–70	Сильное
> 70	Чрезвычайное

За точку отсчета наличия процесса зашумления принято критическое значение уровня звука в помещениях выше 24 дБА, на территории города – выше 34 дБА. Жилые помещения, уровень звука в которых превышает 70 дБА в дневное время и 55 дБА – в ночное, считаются аварийными, а их эксплуатация – недопустимой.

Процесс деградации растительности.

Экологическое и санитарно-гигиеническое состояние земель тесно связано со степенью их озеленения, которую можно выражать двояко. Первый способ – это подсчет доли озелененной площади от обследуемой территории. При этом результат в долях от единицы или в процентах и является пассивным показателем, характеризующим озелененность земель. Второй способ – подсчет озелененной площади на обследуемой территории, приходящейся на одного жителя данной территории. Здесь результат выражается в $м^2$/чел и является активным показателем, учитывающим плотность населения на данной территории. Это важно, так как благотворное влияние озеленения связано с продуцированием кислорода, потребляемого населением пропорционально своему количеству. Под озелененными площадями, как правило, подразумеваются земли, занятые древесно-кустарниковой растительностью или газонами. Оценить степень озеленения земель по первому способу достаточно просто методом прямого подсчета площадей по материалам дистанционного зондирования, так как озелененные территории на космических и аэроснимках легко дешифрируются.

Средовосстанавливающие и средовоспроизводящие функции различных видов озелененных территорий неравноценны, и поэтому при детальной оценке степени озеленения городских земель этот видовой состав обязательно учитывается. Однако для ориентировочной оценки степени озеленения земель города можно рекомендовать следующую шкалу (табл. 7.7). здесь учитываются озелененные территории общего и ограниченного пользования, без учета компактно расположенных крупных лесных и лесопарковых массивов.

Таблица 7.7. **Оценочная шкала степени озеленения городских земель**

Степень озеленения городских земель, $м^2$/чел	Оценка экологической обстановки
> 16	Хорошая
12–16	Средняя
8–12	Удовлетворительная
4–8	Неудовлетворительная
≤ 4	Крайне неудовлетворительная

В процессе градостроительства степень озеленения меняется. С увеличением плотности застройки, если не проводятся планомерные работы по озеленению территории, этот показатель имеет тенденцию к снижению.

Такое положение дел свидетельствует о наличии процесса деградации растительности, под которым понимается уменьшение степени озеленения земель и снижение качественных показателей растительности. Характеристика интенсивности процесса, оцениваемая по скорости и уменьшения степени озеленения, представлена в табл. 7.8.

Таблица 7.8. **Оценочная шкала интенсивности процесса деградации растительности**

Насыщение степени озеленения земель, $м^2$/чел	Интенсивность процесса
> 4	Высокая
1–4	Средняя
< 1	Низкая

Кроме вышеописанных оценок отдельных аспектов экологического и санитарно-гигиенического состояния городских земель, в практике градостроительства приходится наблюдать и оценивать отрицательное влияние производственных территорий на селитебные, негативное

воздействие электрических и электромагнитных полей на городскую среду и т.д. В последнее время при оценке качества земель большое внимание уделяется наличию аномальных и гепатогенных зон, присутствие которых, выявленное даже по субъективным признакам, резко снижает ценность, привлекательность земель в глазах землепользователей и потенциальных инвесторов.

Методы ведения мониторинга городской среды. Единая методология ведения мониторинга городских земель основана на принципе взаимной совместимости информации, предполагающей применение единых государственных систем координат, высот, картографических проекций, единых методических и нормативно-технических документов в области мониторинга земель. Ведение мониторинга земель осуществляется с помощью периодических наземных обследований, регулярных наблюдений в рамках специализированной сети службы мониторинга, включающей полигоны, стационарные участки и пункты наблюдений, а также с помощью анализа материалов дистанционного зондирования.

Общими методами при осуществлении мониторинга городских земель служат:

– наземные специальные съемки, обследования и наблюдения;

– дистанционное зондирование (аэро- и космическая съемки).

Условно в качестве самостоятельного метода выделяют современный и ретроспективный анализ данных, получаемых в результате инвентаризации земель, проверок, обследований, контрольно-ревизионной работы.

Перечисленные общие методы относят к макрометодам собственно мониторинга земель. При оценке отдельных аспектов состояния земель применяют специальные методы расчета разнообразных показателей, характеризующих их – микрометоды, используемые при ведении мониторинга земель. Их много, в соответствии с числом показателей: например, весовой метод определения влажности грунтов при анализе подтопления земель; метод бурения при анализе формирования техногенных грунтов; атомно-абсорбционный, спектрофотометрический и газохроматографический методы определения содержания химических загрязняющих веществ в почве.

Наземные наблюдения и аэрофотосъемка при ведении мониторинга городских земель носят в настоящее время традиционный характер; возможности космической съемки для городских условий исследованы меньше и, в настоящее время, не обеспечивают в полной мере

предъявляемых требований.

Результаты мониторинга выражаются количественными и качественными показателями, характеризующими изменения состояния земель и развитие негативных процессов. Перечень показателей мониторинга городских земель приводится в табл. 7.9.

Таблица 7.9. **Система основных показателей мониторинга городских земель**

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Способ определения	Периодичность определения
1	2	3	4	5
Показатели геологической среды				
1.1	Уровень залегания грунтовых вод	м	Изм.	1 раз в 5 лет
1.2	pH H_2O грунтовых вод	ед.	Анал.	1 раз в 5 лет
1.3	Мощность техногенных грунтов	м	Изм.	1 раз в 5 лет
1.4	Количество карстовых и суффозионных воронок	ед./км^2	Изм.	1 раз в 5 лет
1.5	Площадь оползня	м^2	Изм.	1 раз в год
1.6	Глубина оползня	м	Изм.	1 раз в год
1.7	Количество перемещаемого оползневого материала	т/км^2/год	Расч.	1 раз в год
Почвенные показатели				
2.1	Мощность профиля	см	Изм.	1 раз в 10 лет
2.2	Мощность гумусового горизонта	см	Изм.	1 раз в 10 лет
2.3	Содержание гумуса в поверхностном горизонте	%	Анал.	1 раз в 5 лет
2.4	pH H_2O в поверхностном горизонте	ед.	Анал.	1 раз в 5 лет
2.5	Содержание элементов питания в поверхностном горизонте	мг/кг	Анал.	1 раз в 5 лет
Градостроительные показатели				
3.1	Площадь, занятая всеми видами застройки	м^2	Изм.	1 раз в год
3.2	Коэффициент плотности застройки К1	%	Расч.	1 раз в год
3.3	Развернутая площадь застройки	м^2	Изм. + расч.	1 раз в год
3.4	Коэффициент интенсивности (развернутой плотности) застройки К2 (плотность застройки)	тыс. м^2/га	Расч.	1 раз в год
3.5	Площадь, занятая искусственными покрытиями	м^2	Изм.	1 раз в 3 года

Окончание таблицы 7.9

1	2	3	4	5
3.6	Запечатанность	%	Расч.	1 раз в 3 года
3.7	Площадь, занятая зелеными насаждениями	$м^2$	Изм.	1 раз в 3 года
3.8	Доля озелененных территорий	%	Расч.	1 раз в 3 года
3.9	Площадь, занятая водными поверхностями	$м^2$	Изм.	1 раз в 5 лет
3.10	Доля водных поверхностей	%	Расч.	1 раз в 5 лет
Экологические и санитарно-гигиенические показатели				
4.1	Площадь захламления	$м^2$	Изм.	1 раз в год
4.2	Захламленность	%	Расч.	1 раз в год
4.3	Содержание химических веществ в почве	мг/кг	Анал.	1 раз в 5 лет
4.4	СПК (суммарный показатель концентрации)	ед.	Расч.	1 раз в 5 лет
4.5	Гамма-излучение поверхности почвы (мощность экспозиционной дозы)	мкР/час	Изм.	1 раз в 5 лет
4.6	Содержание (поверхностная активность) радионуклидов в поверхностном горизонте почвы	Кюри/$км^2$	Анал.	1 раз в 5 лет
4.7	Напряженность электрического поля	мВ/м	Изм.	1 раз в 5 лет
4.8	Напряженность электромагнитных полей и радиус влияния источников	В/м м	Изм.	1 раз в 5 лет
4.9	Уровень шума	дБА	Изм.	1 раз в 3 года
4.10	Характеристика вибрационного поля (амплитуда виброперемещений и виброскорость)	мкм, мкм/с	Изм.	1 раз в 3 года
4.11	Показатели санитарно-гигиенического состояния почв	в соответствии с перечнем	Анал. + расч.	1 раз в год

Разнообразные показатели мониторинга определяются с различной для конкретных наблюдений периодичностью. Мониторинговые наблюдения могут быть, с этой позиции, базовыми (исходные, фиксирующие состояние объектов наблюдения на момент начала ведения мониторинга); оперативными, или дежурными (систематические, на текущий момент); периодическими (проводимые через определенный промежуток времени – неделю, месяц, год и т.д.); ретроспективными (проведенные до момента начала ведения мониторинга).

По охвату территории сети мониторинговых наблюдений

подразделяются на реинвентаризационные, режимные и специальные.

Реинвентаризационные наблюдения – это периодические наблюдения, охватывающие всю наблюдаемую в процессе мониторинга территорию, с целью инвентаризации земель на единой методической основе. При этом используется стандартный перечень наиболее устойчивых, консервативных характеристик земель. Такие наблюдения могут использоваться в качестве базовых и осуществляться в режиме повторного картографирования, суть которого заключается в периодическом обновлении каких-либо конкретных сведений и нанесении их на карту определенного масштаба по определенной схеме опробования.

К *режимным наблюдениям* относятся непрерывные стационарные наблюдения за отдельными показателями в сети на репрезентативных полигонах, стационарных участках и пунктах наблюдений. При этом фиксируются наиболее динамичные, высоко изменчивые, характерные для данного города (региона) показатели.

К *специальным наблюдениям* относят те, которые обеспечивают выбор наиболее информативных показателей для обеспечения моделей оценки и прогноза состояния земель и управления земельными ресурсами. При этом применяются методы сплошного обследования, основного массива, выборочного обследования и детального обследования ключевых участков.

Существует три основных схемы опробования (пробоотбора)

Румбическая схема применяется для характеристики негативных процессов, имеющих точечные источники возникновения (импактное химическое загрязнение, радиоактивное загрязнение).

Линейная схема применяется для характеристики негативных процессов, имеющих протяженные источники возникновения (шумовое загрязнение вдоль железнодорожных и автомагистралей).

Упорядоченные схемы применяются в случае характеристики негативных процессов, имеющих распространение по всей наблюдаемой территории (подтопление, региональное химическое загрязнение) (рис. 7.2).

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – получение информации о поверхности Земли и объектах на ней, атмосфере, океане, верхнем слое земной коры бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние. Так же, термин «дистанционное зондирование» включает в себя регистрацию (запись) электромагнитных излучений посредством различных камер, сканеров, микро Общей физической основой

дистанционного зондирования является функциональная зависимость между зарегистрированными параметрами собственного или отраженного излучения объекта и его биогеофизическими характеристиками и пространственным положением.

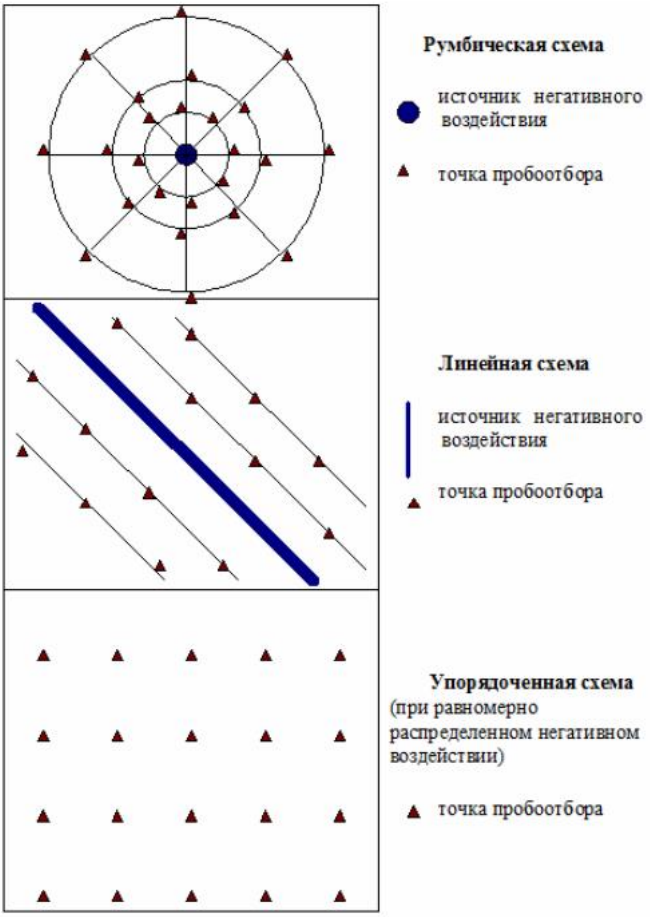

Рис. 7.2. Схемы пробоотбора при ведении мониторинга городских земель

Суть метода заключается в интерпретации результатов измерения

электромагнитного излучения, которое отражается либо излучается объектом и регистрируется в некоторой удаленной от него точке пространства.

К методам дистанционного зондирования относят и фотографическую съемку, которую можно привести в качество простого и наглядного примера.

Представим фотографа, выступающего в роли базы и использующего для съемки фотоаппарат (прибор, формирующий изображение), который заряжен высокочувствительной фотопленкой (регистрирующая среда). Фотограф находится на некотором расстоянии от реки, однако регистрирует информацию о ней и затем сохраняет ее на фотопленке.

В современном облике дистанционного зондирования выделяются два взаимосвязанных направления – естественно-научное (дистанционные исследования) и инженерно-техническое (дистанционные методы), что нашло отражение в широко распространенных англоязычных терминах remote sensing и remote sensing techniques.

Методы ДЗ основаны на использовании сенсоров, которые размещаются на космических аппаратах и регистрируют электромагнитное излучение в форматах, существенно более приспособленных для цифровой обработки, и в существенно более широком диапазоне электромагнитного спектра.

В большинстве методов ДЗ используют инфракрасный диапазон отраженного излучения, тепловой инфракрасный и радиодиапазон электромагнитного спектра.

Во всех странах действенным стимулом развития аэрокосмического зондирования служат запросы военных ведомств.

С внедрением космических методов и современных цифровых технологий аэрокосмическое зондирование приобретает все более важное экономическое значение и становится мощным средством изучения Земли от локальных исследований отдельных компонентов до глобального изучения планеты в целом. Поэтому при изложении различных аспектов аэрокосмического зондирования целесообразно рассматривать его как метод исследований, результативно применяемый во всех науках о Земле.

Правильно организованная система дистанционных исследований должна быть ориентирована на решение конкретных геологических задач, обусловливающих выбор орбит космических носителей, набор датчиков, характер сбора, переработки и передачи на наземные комплексы

первичных данных и тип представляемых материалов.

Построение геологической модели сцены является в самом общем виде той целью, ради которой создается система, сама же сцена является объектом изучения тем, что непосредственно и находится перед датчиком.

Изучение сцены на расстоянии возможно благодаря тому, что она обнаруживает себя в физических полях, которые могут быть измерены.

Наиболее часто используются излученные или отраженные электромагнитные волны, в последнем случае необходим источник освещения, пассивный (например, солнце) или активный (лазеры, радиолокаторы и др.). Физические поля измеряются датчиками, входящими в состав высотного комплекса, который кроме измерений служит для первичной обработки и передачи данных на Землю. Данные, закодированные в электромагнитном сигнале или записанные на твердотельные носители (фотопленки, магнитные ленты и пр.), доставляются в наземный комплекс, в котором происходит их прием, обработка, регистрация и хранение.

После обработки данные обычно переписываются в кадровую форму и выдаются в качестве материалов дистанционного зондирования, которые по традиции называются космическими снимками. Пользователь, опираясь на внешнюю базу знаний, а также собственный опыт, интуицию, проводит анализ и интерпретацию материалов ДЗ и создает геологическую модель сцены, которая и является формой регистрации решения поставленной проблемы.

Достоверность модели проверяется сопоставлением, или идентификацией модели и сцены; идентификация замыкает систему и делает ее пригодной для прикладного пользования.

Рассмотрим идеальную схему дистанционного зондирования. Ее составляющими являются источник электромагнитного излучения, процесс распространения излучения и его взаимодействие с веществом объекта, ответный сигнал, регистрация данных и предоставление их потребителям. В этой модели источник генерирует электромагнитное излучение с высоким уровнем энергии во всем диапазоне длин волн, причем интенсивность излучения является известной величиной, которая не зависит от длины волны.

Излучение не взаимодействует с атмосферой и распространяется через нее без потери энергии.

Падающее излучение взаимодействует с веществом объекта, в результате чего возникает отраженное либо собственное вторичное

излучение, однородное во всем диапазоне длин волн.

Излучение от объекта попадает на сенсор, который регистрирует пространственную информацию. Идеальный сенсор должен иметь простую и компактную конструкцию и обладать высокой точностью.

Кроме того, он должен почти не потреблять энергии для своей работы.

Данные, зарегистрированные сенсором, передаются на наземную станцию, где мгновенно преобразуются в интерпретируемую форму, которая позволяет идентифицировать все части изучаемого объекта по их физическим, химическим и биологическим свойствам.

В этом виде данные предоставляются потребителям, которые, тем не менее, должны обладать большим опытом использования материалов ДЗ в своих предметных областях.

Но, на практике идеальной системы дистанционного зондирования не существует в силу следующих причин:

1. Ни один источник не способен обеспечить однородность потока излучения как в пространстве, так и во времени.

2. Из-за взаимодействия излучения с газами атмосферы, молекулами водяного пара и атмосферными частицами изменяется интенсивность излучения и его спектр.

3. Одно и то же вещество при разных условиях может иметь разную спектральную чувствительность. В то же время, спектральная чувствительность разных веществ может совпадать.

4. На практике не существует идеального сенсора, с помощью которого можно было бы регистрировать все длины волн электромагнитного спектра.

5. Из-за технических ограничений передача данных и их интерпретация иногда выполняются с задержкой по времени. Формат передаваемых данных также может отличаться от того, который требуется потребителю, и в результате потребитель получает данные в нужном формате лишь спустя некоторое время.

6. Потребители могут не обладать необходимой информацией о параметрах сбора данных ДЗ и не иметь достаточного опыта для их анализа и дешифрирования.

Получаемые снимки делятся на фотографические и сканерные, которые в свою очередь подразделяются на полученные оптико-механическим сканированием (ОМ-сканерные) и оптико-электронным с использованием линейных приемников излучения на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС-сканерные). На таких снимках отображаются

оптические характеристики объектов – их яркость, спектральная яркость.

Применяя многозональный принцип съемки, получают в этом диапазоне многозональные снимки, а при большом числе съемочных зон – гиперспектральные, использование которых основано на спектральной отражательной способности объектов съемки, их спектральной яркости.

Съемку в радиодиапазоне ведут, применяя как пассивные, так и активные методы, и в зависимости от этого снимки делятся на микроволновые радиометрические, получаемые при регистрации собственного излучения исследуемых объектов, и радиолокационные снимки, получаемые при регистрации отраженного радиоизлучения, посылаемого с носителя – радиолокационной съемке.

Фотосъемка

Отличительной чертой космических снимков является высокая степень обзорности, охват одним снимком больших площадей поверхности. В зависимости от типа применяемой аппаратуры и фотопленок, фотографирование может производиться во всем видимом диапазоне электромагнитного спектра, в отдельных его зонах, а также в ближнем ИК (инфракрасном) диапазоне.

Масштабы съемки зависят от двух важнейших параметров: высоты съемки и фокусного расстояния объектива. Космические фотоаппараты в зависимости от наклона оптической оси позволяют получать плановые и перспективные снимки земной поверхности.

В настоящее время используется фотоаппаратура с высоким разрешением, позволяющая получать снимки с перекрытием 60 % и более. Спектральный диапазон фотографирования охватывает видимую часть ближней инфракрасной зоны (до 0,86 мкм).

Для съемки земной поверхности с ПКК используются фотографирующие системы следующих марок: КАТЭ-140, МКФ-6, и другие.

Отметим, что фотографическая съемка – в настоящее время самый информативный вид съемки из космического пространства. Оптимальный размер отпечатка 18×18 см, который, как показывает опыт, согласуется с физиологией человеческого зрения, позволяя видеть все изображение одновременно.

Для удобства пользования из отдельных снимков, имеющих перекрытия, монтируются фотосхемы (фотомозаики) или фотокарты с топографической привязкой опорных точек с точностью 0,1 мм и точнее. Для монтажа фотосхем используются только плановые космические снимки.

Сканерная съемка

В настоящее время для съемок из космоса наиболее часто используются многоспектральные оптико-механические системы – сканеры, установленные на искусственных спутниках земли различного, назначения. При помощи сканеров формируются изображения, состоящие из множества отдельных, последовательно получаемых элементов. Термин «сканирование» обозначает развертку изображения при помощи сканирующего элемента (качающегося или вращающегося зеркала), поэлементно просматривающего местность поперек движения носителя и посылающего лучистый поток в объектив и далее на точечный датчик, преобразующий световой сигнал в электрический. Этот электрический сигнал поступает на приемные станции по каналам связи.

Изображение местности получают непрерывно на ленте, составленной из полос – сканов, сложенных отдельными элементами – пикселами. Сканерные изображения можно получить во всех спектральных диапазонах, но особенно эффективным является видимый и ИК-диапазоны. При съемке земной поверхности с помощью сканирующих систем формируется изображение, каждому элементу которого соответствует яркость излучения участка, находящегося в пределах мгновенного поля зрения. Сканерное изображение – упорядоченный пакет яркостных данных, переданных по радиоканалам на Землю, которые фиксируются на магнитную ленту (в цифровом виде) и затем могут быть преобразованы в кадровую форму. В геологии используются материалы сканерных съемок с искусственных спутников земли серии «Метеор». На этих спутниках установлены сканирующие устройства различной конструкции: с малым разрешением – МСУ-М, со средним разрешением – МСУ-С, с конической разверткой – МСУ-СК, с электронной разверткой – МСУ-Э.

Сканирующие устройства могут быть использованы не только для получения изображений Земли, но и для измерения радиации – сканирующие радиометры, и излучения – сканирующие спектрометры.

Радиолокационная съемка

Радиолокационная съемка обеспечивает получение изображений земной поверхности и объектов, расположенных на ней, независимо от погодных условий, в дневное и ночное время благодаря принципу активной радиолокации: отправление зондирующих сигналов излучающей антенной и прием отраженных сигналов с последующим преобразованием их в изображения или извлечением информации о разности фаз посланного и отраженного сигнала.

Технология радиолокации была разработана еще в 30-х гг. прошлого века для военных целей. Основной задачей радиолокации тогда было обнаружение цели, определение ее местоположения, скорости и направления перемещения. Эта задача многократно успешно решалась в ходе второй мировой войны. Однако сразу после войны, в январе 1946 г. был получен отраженный радиосигнал от Луны, показавший не только военную, но и научную ценность радиолокации.

Применение радиолокаторов для изучения поверхности Земли началось еще в 1960-е гг., при размещении их на самолетах для зондирования территорий, находящихся сбоку от направления полета. Они известны под названием радиолокаторов бокового обзора. С их помощью впервые было выполнено картографирование территорий бассейна Амазонки, постоянно скрытых облачностью.

Радиолокационная съемка Земли ведется в нескольких участках диапазона длин волн (1 см – 1 м) или частот (40 ГГц- 300 МГц).

Характер изображения местности на радиолокационном снимке зависит от соотношения между длиной волны и размерами неровностей местности: поверхность может быть в разной степени шероховатой или гладкой, что проявляется в интенсивности обратного сигнала и, соответственно, яркости соответствующего участка на снимке.

На протяжении нескольких десятилетий исследования Земли по радиолокационным снимкам велись преимущественно на основе учета амплитуды отраженного сигнала, несущего информацию о свойствах поверхности.

Наибольшее распространение получило применение радиолокационной информации для целей картографирования, особенно территорий, преимущественно закрытых облачностью. В этой области снимки в радиодиапазоне, как правило, уступают снимкам в видимом диапазоне по качеству изображения, зато существенно превосходят их по возможностям получения данных при любых погодных условиях и периодичности повторения при необходимости.

В последнее время все более широкое распространение получает радиолокационная интерферометрия – метод обработки данных радиолокации, основанный на выделении разности фаз сигналов, отраженных разными участками местности. Он позволяет вычислить путь, пройденный радиоволнами до поверхности Земли и, соответственно, получить высокоточную информацию, как об абсолютных высотах местности, так и о смещениях поверхности, обусловленных разными факторами. Интерферометрия предполагает совместную обработку не менее двух

результатов съемки одного и того же участка земной поверхности, зафиксированных антенной при повторных наблюдениях (двухпроходная интерферометрия), или двумя антеннами, одновременно принимающими сигнал от одной точки под разными углами (однопроходная интерферометрия). Интерферометрические данные наиболее современных спутников Cosmo-Skymed и TerraSAR-X.

Тепловые съемки

Инфракрасная (ИК), или тепловая, съемка основана на выявлении тепловых аномалий путем фиксации теплового излучения объектов Земли, обусловленного эндогенным теплом или солнечным излучением. Она широко применяется в геологии. Температурные неоднородности поверхности Земли возникают в результате неодинакового нагрева различных ее участков. Инфракрасный диапазон спектра электромагнитных колебаний условно делится на три части (в мкм): ближний (0,74–1,35), средний (1,35–3,50), дальний (3,50–1000).

Солнечное (внешнее) и эндогенное (внутреннее) тепло нагревает геологические объекты по-разному в зависимости от литологических свойств пород, тепловой инерции, влажности, альбедо и многих других причин.

ИК-излучение, проходя через атмосферу, избирательно поглощается, в связи с чем тепловую съемку можно вести только в зоне расположения так называемых «окон прозрачности» – местах пропускания ИК-лучей.

В других окнах прозрачности работают измерительные приборы – тепловизоры, преобразующие невидимое ИК-излучение в видимое с помощью электроннолучевых трубок, фиксируя тепловые аномалии. На ИКизображениях светлыми тонами фиксируются участки с низкими температурами, темными – с относительно более высокими.

Яркость тона прямо пропорциональна интенсивности тепловой аномалии. ИК-съемку можно проводить в ночное время. На ИК-снимках, полученных с ИСЗ, четко вырисовывается береговая линия, гидрографическая сеть, ледовая обстановка, тепловые неоднородности водной среды, вулканическая деятельность и т.п. ИК-снимки используются для составления тепловых карт Земли.

Линейно-полосовые тепловые аномалии, выявляемые при ИК-съемке, интерпретируются как зоны разломов, а площадные и концентрические – как тектонические или орографические структуры. Например, наложенные впадины Средней Азии, выполненные рыхлыми кайнозойскими отложениями, на ИК-снимках дешифрируются как

площадные аномалии повышенной интенсивности. Особенно ценна информация, полученная в районах активной вулканической деятельности.

В настоящее время накоплен опыт использования ИК-съемки для изучения дна шельфа. Этим методом по разнице температурных аномалий поверхности воды получены данные о строении рельефа дна. При этом использован принцип, согласно которому при одинаковом облучении поверхности воды на более глубоких участках водных масс энергии на нагревание расходуется больше, чем на более мелких. В результате температура поверхности воды над более глубокими участками будет ниже, чем над мелкими. Этот принцип позволяет на ИК-изображениях выделять положительные и отрицательные формы рельефа, подводные долины, банки, гряды и т. п. ИК-съемка в настоящее время применяется для решения специальных задач экологических исследований, поисках подземных вод и в инженерной геологии определение состава почв и грунтов.

ЛЕКЦИЯ 8
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАК МЕТОДЫ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Виды и методы прогнозирования для целей мониторинга. В системе мониторинга основной *целью* разработки прогноза является вероятностное (качественное и количественное) описание возможных изменений состояния земельных ресурсов под влиянием различных видов воздействия на нее, обусловленных существующей или проектируемой техногенной нагрузкой. Прогнозирование использования земель состоит в оценке предыдущих и текущих состояний объектов прогнозирования, выявлении закономерностей, присущих им, определении вероятных сценариев развития, оценке будущих состояний земель для выбора наиболее эффективного решения по их использованию. В процессе мониторинга важно учитывать условия, обеспечивающие качество прогнозирования: достаточное теоретическое и информационное обеспечение процессов прогнозирования, определение закономерностей, присущих объекту прогнозирования, четкое определение условий, влияющих на реализацию закономерностей.

Различают несколько *видов прогнозов,* которые разрабатываются для различных целей в мониторинге земель и классифицируются по разным основаниям, в частности по применяемым методам

прогнозирования.

1. *Фактографические методы* основаны на системе данных о состоянии земель в предшествующий и на исходный периоды. Среди них наибольшее распространение получили *статистический* (построение и анализ динамических рядов характеристик использования земельных ресурсов и их статистических взаимосвязей), *экстраполяция* (математический прием выбора аппроксимирующей функции с учетом условий и ограничений развития объекта или явления), *исторической аналогии* (установление аналогии объекта прогнозирования с одинаковым по природе объектом, опережающим первый в своем развитии), *факторный* (обработка многомерных массивов информации о состоянии земель в динамике с использованием аппарата факторного анализа) и ряд других.

2. *Экспертные методы* базируются на экспертной информации Для целей мониторинга используют следующие из них: *дельфийский* (выявление согласованной оценки экспертной группы путем независимого анонимного опроса экспертов в несколько туров), *индивидуальной* и *коллективной экспертной оценки* (использование в качестве источника информации оценки одного или нескольких экспертов), *генерации идей* (основан на стимулировании творческой деятельности экспертов путем совместного обсуждения конкретной проблемы использования земель по определенным правилам) и *эвристический* (получение экспертной оценки с использованием эвристических приемов и логического анализа прогнозной модели).

3. *Методы верификации прогнозов*, их сущность состоит в проверке достоверности, точности и обоснованности прогнозов (инверсная, косвенная, прямая, повторным опросом и др.).

4. *Методы социально-экономического анализа* включают всестороннее изучение социально-экономической стороны землепользования, познание внутренних связей и зависимостей явлений с целью определения прогрессивных тенденций развития и возможностей совершенствования земельных отношений.

5. *Методы прямых инженерно-экономических расчетов* используются для прогнозных показателей экономической эффективности использования земель, инвестиций, доходности, кредитных ресурсов и т. д.

6. *Балансовые методы* – совокупность приемов, используемых для обеспечения увязки и согласования взаимозависимых показателей. Цель этих приемов – добиться баланса (равновесия) между различными

показателями будущего состояния земель.

7. *Методы экономико-математического моделирования* применяются для решения хорошо структурированных проблем землепользования и обеспечивают получение оптимальных и сбалансированных решений на основе линейного программирования и других способов.

8. *Методы системного анализа и синтеза* – расчленение, разложение эколого-экономических систем и протекающих в них процессов на их составные части и на этой основе определение ведущих звеньев, «узких мест», ключевых проблем перспективного развития землепользования.

По *территориальному охвату* разрабатываются прогнозы соответствующего уровня:

– региональный прогноз – предсказание изменения земельного фонда крупных территорий с комплексной нагрузкой;

– локальный прогноз – предсказание изменения земель на территории определенной территориальной единицы базового уровня (района, населенного пункта, сельского совета, одного или группы смежных землевладений);

– детальный прогноз – предсказание изменения земель на территории отдельного участка.

По *временному интервалу (периоду упреждения)* прогнозирование подразделяется на кратко- (до 1 года), средне- (от 1 до 5 лет), долго- (от 5 до 15 лет) и сверхдолгосрочное (свыше 15 лет).

Практика прогнозирования показывает, что сами прогнозы также во времени должны обновляться. Необходимость непрерывного обновления и адаптационного осуществления прогнозов состояния земель обусловлена неизбежной изменчивостью во времени как природных условий, так и техногенных факторов. Последние во времени меняются особенно интенсивно в силу экономических, технологических, экологических причин и др. Меняются во времени и информационные представления о факторах использования земель и недвижимости: чем дольше работает система мониторинга, тем полнее и оптимальнее информация для прогноза с учетом новых обстоятельств. Тем самым устанавливается гибкая информационная связь прогнозов с планами и техническими проектами, когда результаты прогнозирования оперативно используются в процессе принятия решений, а последние в свою очередь всесторонне используются для корректировки прогнозов.

В числе экстраполяционных прогнозов может рассматриваться в качестве самостоятельного *ретроспективный прогноз* – представление

прошлого неизученного (мало изученного) состояния объекта на основе трендов настоящего или существующего развития.

Нормативный прогноз, в сущности, представляет собой программу действий, которая строится не от достигнутого уровня, а от желаемого. Он основан на учете сложных взаимоотношений между желаемым и возможным. Следует учитывать, что нормативный прогноз реалистичен лишь в том случае, если он опирается на общие закономерности развития и используется для обоснования ряда прогнозных мероприятий: по реабилитации территорий, очистке среды от загрязнений, рекультивации земель и др.

Если в ходе мониторинга проводится прогноз какого-либо отдельного процесса или компонента земли, то он называется *частным* (поэлементным) и, напротив, *интегральным* (комплексным) прогноз на основе частных прогнозов с суммарной оценкой прогнозируемых изменений земельного фонда. В системе мониторинга разрабатываются оба этих вида.

Прогноз разрабатывается на основе анализа комплекса всей имеющейся, полученной в ходе наблюдения, информации о состоянии земель и их изменениях. Он должен учитывать воздействие различных видов техногенной нагрузки на землю, при этом принимаются во внимание естественные процессы развития природной среды (ландшафта), которые являются непременным фоном всех изменений, происходящих на территории. Особую роль в составлении прогнозов играют устанавливаемые в ходе многолетнего мониторинга тенденции и закономерности изменения тех или иных параметров и показателей различных элементов состояния земель. Их ретроспективный анализ, сравнение с фоновыми режимными характеристиками и позволяет в конечном итоге дать наиболее обоснованное заключение о прогнозе развития тех или иных изменений. На основе наблюдений в системе мониторинга различными математическими методами строятся графики изменения тех или иных показателей состояния земель. Обработка этих графиков заключается в экстраполяции кривых на прогнозируемый период времени исходя из сохранения на прогнозируемый период сложившихся тенденций. В силу значительной неопределенности в их развитии экстраполяционный прогноз дается в нескольких вариантах. Наилучший вариант выбирается экспертной комиссией.

Разработка прогноза изменений состояния земель базируется на анализе информации, полученной в результате всех видов мониторинговых наблюдений, данных оценочных и прогнозных карт, а также карт

техногенной нагрузки с учетом их легенд и экспликаций. Чем дольше функционирует система мониторинга, тем надежнее и точнее может быть прогноз.

Для целей мониторинга используются различные методы прогнозирования, по каждому из них имеются нормативные документы или методические рекомендации. Как правило, сложность вопроса заключается в выборе наиболее надежного и целесообразного метола прогнозирования из числа методов, рекомендуемых для того или иного вида воздействия или процесса. Более того, во многих случаях применение только одного какого-либо метода недостаточно и требует комплекса методов прогнозирования. Это относится прежде всего к стадии предварительных оценок или предварительных проработок, а также к начальной стадии функционирования мониторинга, когда имеющихся исходных данных для разработки конкретных расчетных (количественных) прогнозов явно недостаточно и исполнитель работы вынужден прибегать к другим методам, например методу экспертных оценок (прогнозов) наряду с методом аналогу и т. п.

Содержание статистического метода прогнозирования. Статистические методы являются разновидностью математических методов прогнозирования, позволяющих построить динамические ряды на перспективу. Статистические методы прогнозировав охватывают разработку, изучение и применение современных математико-статистических методов прогнозирования на основе объективных данных (в том числе непараметрических методов наименьших квадратов с оцениванием точности прогноза, адаптивных методов, методов авторегрессии и др.). Эти методы включают развитие теории и практики вероятностно-статистического моделирования экспертных методов прогнозирования, в том числе методов анализа субъективных экспертных оценок на основе статистики нечисловых данных, а также разработку, изучение и применение методов прогнозирования в условиях риска и комбинированных методов прогнозирования с использованием совместно экономико-математических и эконометрических моделей. Научной базой статистических методов прогнозирования является прикладная статистика и теория принятия решений.

Простейшие методы установления используемых для прогнозирования зависимостей исходят из заданного временного ряда, т. е. функции, определенной в конечном числе точек на оси времени. Временной ряд может быть многомерным. Основные решаемые при этом задачи – интерполяция и экстраполяция. Наиболее часто применяется метод

наименьших квадратов как в самом простейшем случае (линейная функция от одного фактора), так и при нескольких факторах. Могут оказаться полезными предварительные преобразования переменных, например логарифмирование. Метод наименьших модулей, сплайны и другие методы экстраполяции в мониторинге земель применяются реже, хотя их статистические свойства часто лучше. Накоплен опыт прогнозирования индекса инфляции и стоимости потребительской корзины.

Необходимая часть процедуры прогнозирования – оценивание точности прогноза (в частности, с помощью доверительных интервалов). Обычно используют вероятностно-статистические модели восстановления зависимости, например, строят наилучший прогноз по методу максимального правдоподобия. Разработаны и могут применяться в мониторинге параметрические (обычно на основе модели нормальных ошибок) и непараметрические оценки точности прогноза и доверительные границы для него. Применяются также эвристические приемы, не основанные на вероятностно-статистической теории: метод скользящих средних, метод экспоненциального сглаживания.

Многомерная регрессия, в том числе с использованием непараметрических оценок плотности распределения, – основной статистический аппарат прогнозирования. Он позволяет проводить точечное и интервальное оценивание параметров, проверять значимость их отличия от нуля в непараметрической постановке, строить доверительные границы для прогноза. Весьма важна проблема проверки адекватности модели, а также проблема отбора факторов. В статистике перспективны непараметрические методы оценивания плотности вероятности и их применение для восстановления регрессионной зависимости произвольного вида. Наиболее общие результаты в этой области получены с помощью подходов статистики нечисловых данных.

К современным статистическим методам прогнозирования относятся также модели авторегрессии, модель Бокса Дженкинса, системы эконометрических уравнений, основанные как на параметрических, так и на непараметрических подходах. Для установления возможности применения асимптотических результатов при конечных (так называемых «малых») объемах выборок полезны компьютерные статистические технологии, которые позволяют строить различные имитационные модели.

Прогнозирование на основе данных, имеющих нечисловую природу, например, прогнозирование качественных признаков и факторов ис-

пользования земель основано на результатах статистики нечисловых данных. Весьма перспективными для прогнозирования представляются регрессионный анализ на основе интервальных данных, включающий, в частности, определение и расчет рационального объема выборки, а также регрессионный анализ нечетких данных. Общая постановка регрессионного анализа в рамках статистики нечисловых данных и ее частные случаи: дисперсионный анализ (распознавание образов), представляющие собой единый подход к формально различным методам, полезны при программной реализации современных статистических методах прогнозирования.

Процесс прогнозирования, опирающийся на статистические методы, распадается на два этапа. Первый этап – индивидуальный – заключается в обобщении статистических данных и представлении соответствующих закономерностей в виде экономико-математической модели. Второй этап – дедуктивный – представляет собой собственно прогноз. На этом этапе на основе найденных статистических закономерностей определяют ожидаемые значения прогнозируемых признаков.

Статистический прогноз бывает двух видов: точечный и интервальный. *Точечный прогноз* – это прогноз в виде единственного значения прогнозируемой величины. *Интервальный прогноз* охватывает совокупность значений, «вилку» прогнозируемой величины. Обычно интервальный прогноз определяют на основе точечного.

Базой для прогнозирования служит экстраполяция – нахождение значения функции за пределами ее области определения с использованием информации о поведении данной функции в некоторых точках, принадлежащих данной области. Этот метод является одним из наиболее простых и распространенных. Его суть заключается в продлении в будущее тенденции, наблюдавшейся в прошлом. Экстраполяции тенденции динамических рядов сравнительно широко применяется в экономической и управленческой практике в силу ее простоты, возможности осуществления на основе относительно небольшого объема информации, ясности принятых допущений.

При прогнозировании предполагается, что размер признака, характеризующего явление, формируется под воздействием множества факторов, причем не представляется возможным выделить их влияние порознь. Вследствие этого ход развития связывается не с какими-либо конкретными факторами, а с течением времени.

Экстраполяция базируется на следующих двух основных допущениях:

1) развитие явления может быть с достаточным основанием охарактеризовано плавной траекторией – трендом;

2) общие условия, определяющие тенденцию развития в прошлом, не претерпят существенных изменений в будущем.

1. *Экстраполяции на основе среднего значения показателя.* В самом простом случае при предположении, что средний уровень ряда не имеет тенденции к изменению и это изменение несущественно, можно принять $y_n = \bar{y}$, т. е. любой прогнозируемый уровень y_n равен среднему значению фактических уровней $\bar{y}$ в динамическом ряду. Такой прием прогнозирования пригоден для составления точечного прогноза.

Интервальный же прогноз требует учета вариации признака в пределах его доверительных границ.

В некотором смысле отрезок динамического ряда, охваченный наблюдением, можно уподобить выборке. Это значит, что увеличение или уменьшение длины динамического ряда в каждом временном интервале изменяет объем наблюдения и состав уровней, входящих в расчет средней. Таким образом, *значение* среднего уровня для данного отрезка динамического ряда можно рассматривать как своеобразную выборочную оценку некоторого генерального уровня, т. е. как выборочный средний уровень. Отсюда можно рассчитать его погрешность и доверительный интервал, в котором с заданной вероятностью находится средний генеральный уровень. Доверительные границы для среднего уровня при небольшом их числе можно рассчитать следующим образом

$$\bar{y}_n = y \pm t_\alpha \sigma_{\bar{y}}, \tag{8.1}$$

где t_α – табличное значение *t*-критерия Стьюдента с *n*–1 степенями свободы и уровнем значимости *a*;

$\sigma_{\bar{y}}$ – средняя квадратичная ошибка среднего уровня фактического ряда динамики.

Среднюю квадратичную ошибку можно найти по формуле

$$\sigma_{\bar{y}} = \frac{\sigma_y}{\sqrt{n}}, \tag{8.2}$$

где σ_y – среднее квадратичное отклонение уровней в фактическом ряду динамики.

Среднее квадратичное отклонение рассчитывают следующим образом

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n - 1}}, \quad (8.3)$$

где y – фактические уровни динамического ряда;

n – число фактических уровней в ряду.

2. *Экстраполяция на основе среднего абсолютного прироста*. Если фактические уровни динамического рядя характеризуются более или менее стабильными абсолютными изменениями количественного признака изучаемого явления (увеличением или уменьшением), то экстраполяция новых уровней может проводиться с помощью среднего абсолютного прироста. В этом случае точечный прогноз новых уровней рассчитывается по следующей формуле

$$y_n = y_0 + \Delta\bar{y}n, \quad (8.4)$$

где y_0 – начальный уровень динамического ряда;

$\Delta\bar{y}$ – средний абсолютный прирост уровней;

n – порядковый номер искомого n -го уровня.

3. *Экстраполяция на основе среднего коэффициента роста*. Если изучаемый период характеризуется достаточно стабильными темпами роста, то экстраполяцию новых уровней можно проводить с помощью среднего коэффициента роста. При этом точечный прогноз новых уровней рассчитывается по формуле

$$y_n = y_0 \cdot k_n, \quad (8.5)$$

где k – средний коэффициент роста (изменения) уровней;

n – порядковый номер искомого уровня.

4. *Экстраполяция линейных трендов.* В некоторых случаях фактический рад динамики может характеризоваться значительными колебаниями уровней, причем положительные и отрицательные цепные абсолютные приросты примерно в равной мере отклоняются от их среднего значения.

В таких случаях прогнозирование уровней динамического рада целесообразно проводить по уравнению прямой линии. Этот прием экстраполяции дает более точные и объективные результаты по сравнению с приемом прогнозирования по среднему абсолютному приросту.

Прогнозирование уровней динамического ряда на основе

уравнивания по прямой определяется по формуле

$$\bar{y}_t = a + bt, \tag{8.6}$$

где t – порядковый номер искомого уровня;

a, b – параметры уравнения искомой прямой.

Определив параметры a и b, легко найти выравненные и прогнозируемые значения уровней и изобразить их графически в виде прямой линии.

5. *Прогнозирование взаимосвязей*. Установлению формы связи между признаками предшествует определение причинной зависимости между ними. Это наиболее важный и ответственный момент для правильного использования метода корреляции в прогнозировании. По каждому изучаемому явлению предварительно необходимо установить, какие логические причины лежат в основе связи между признаками-факторами и признаками-результатами.

Выявление формы связи между признаками сводится к выбору математического уравнения, которое могло бы наиболее полно и точно отразить характер взаимосвязи между изучаемыми признаками. Этот вопрос наиболее удобно решить графическим приемом, не только позволяющим уяснить характер и форму связи, но и дать наглядное представление о степени связи.

Если графическая форма связи между признаком-фактором x и признаком-результатом y приближается к гиперболической (например, между продуктивностью животных и себестоимостью продукции), то обычно рекомендуется составить и решить уравнение гиперболы

$$\bar{y} = a + \frac{b}{x}. \tag{8.7}$$

В уравнении (8.7) все его элементы показывают гиперболическую связь между признаками. Методика составления и решения уравнения, отражающего гиперболическую связь между факторным x и результативным y признаками, приводится в литературе по статистике.

В тех случаях, когда графическая связь признака-фактора x и признака-результата y выражается в параболической форме, необходимо составить и решить уравнение параболы

$$\bar{y} = a + b\bar{x} + cx^2. \tag{8.7}$$

где $\bar{x}$ – среднее значение факторного признака;

a, b, c – параметры искомого уравнения.

Содержание экспертных методов прогнозирования. Прогнозирование на основе методов экспертных оценок базируется на интуиции эксперта или группы экспертов, которые высказывают свое суждение о состоянии явления или объекта в будущем, обосновывая свои представления на основании профессионального опыта и опираясь на данные выполненной ранее оценки. Эти методы называют *эвристическими*. Они широко используются тогда, когда проблема мало изучена или использование более точных методов прогнозирования нецелесообразно. Несомненным достоинством методов экспертных оценок является возможность избежания грубых ошибок при прогнозировании.

Основанием для использования этих методов для мониторинговых исследований служат такие личностные качества эксперта(ов), как.

1) наличие ориентации на будущее и способности сделать научно обоснованные предсказания на основании профессионального опыта;

2) способность выразить эвристические умозаключения в форме определенных суждений или количественных характеристик;

3) умение переносить аналогичные тенденции с равнозначных объектов на прогнозируемый объект или явление.

Методы логического прогнозирования. В основе методов логического прогнозирования лежит логическое мышление прогнозиста, на основании которого можно предвидеть ход событий и последовательность их развития. Они используются для качественного описания объекта на основании знания общих закономерностей его развития с целью выделения наиболее важных проблем в перспективе. Из них можно выделить методы прогнозного сценария, аналогий и прогнозирования по образцу (эталону).

Метод прогнозного сценария – это установление логической последовательности событий с целью выделения альтернатив развития объекта. Основное назначение сценария – определение главной цели и последовательности ее достижения. Сценарий является тем планом, по которому осуществляется весь процесс прогнозирования, поэтому он должен быть составлен четко и квалифицированно.

Метод аналогий заключается в том, что будущее состояние объекта устанавливается на примере аналога. Так, например, прогнозирование потребности земель для различных отраслей народного хозяйства при составлении схем землеустройства области производится аналогично методике, применяемой при разработке генеральной схемы использования земельных ресурсов страны.

Метод прогнозирования по образцу представляет собой

предсказание будущего состояния явления на основании объекта, принятого за эталон. Техника прогнозирования здесь заключается в подборе образца, на базе которого путем логической экстраполяции вырабатывается прогноз аналогичного уровня.

Примером применения такого метода в управлении земельными ресурсами и мониторинге может служить экспериментальный проект противоэрозионной организации территории модельного землепользования хозяйства, на котором отработаны принципиальные положения и методика проектных решений по защите почв. Он послужит образцом (эталоном) для разработки аналогичных проектов, но с учетом конкретных природно-экономических условий. В конечном счете можно будет сделать суждение об уменьшении эрозионных процессов в хозяйстве.

Основные процедуры обработки прогностических экспертных оценок – проверка согласованности, кластер анализ и нахождение группового мнения. Проверка согласованности мнений экспертов проводится с помощью специальных коэффициентов ранговой корреляции.

С точки зрения статистики в прогнозировании полезна процедура согласования ранжировок и классификаций путем построения согласующих бинарных отношений. При отсутствии согласованности разбиение мнений экспертов, сходных между собой, на группы проводят методом ближайшего соседа или другими методами кластерного анализа (автоматического построения классификаций). Используют также различные методы построения итогового мнения комиссии экспертов. Своей простотой выделяются методы средних арифметических и медиан рангов. Компьютерное моделирование позволяет установить медианное значение ряда данных, часто рекомендуемое для использования в качестве итогового (обобщенного, среднего) мнения комиссии экспертов в случае, если их оценки даны в виде ранжировки. Интерпретация закона больших чисел для нечисловых данных в терминах теории экспертного опроса такова: итоговое мнение устойчиво, т. е. мало меняется при изменении состава экспертной комиссии, и при росте числа экспертов приближается к «истине». При этом предполагается, что ответы экспертов можно рассматривать как результаты измерений с ошибками, все они – независимые, одинаково распределенные случайные элементы, вероятность принятия определенного значения убывает по мере удаления от некоторого центра – «истины», а общее количество экспертов достаточно велико. В конкретных задачах прогнозирования необходимо провести классификацию рисков, поставить задачу оценивания конкретного риска, провести структуризацию риска, в частности

построить деревья причин (в другой терминологии деревья отказов) и деревья последствий (деревья-событий). Центральной задачей является построение групповых и обобщенных показателей, например показателей конкурентоспособности и качества. Риски необходимо учитывать при прогнозировании экономических последствий принимаемых решений, оценке экологического состояния земель и окружающей среды, безопасности технологий, экологической опасности промышленных и иных объектов.

Существуют некоторые, наиболее существенные правила и этапы проведения прогнозных исследований на основе экспертиз.

Подготовку экспертизы начинают с *постановки проблемы*. Для этого прежде всего знакомятся с предысторией и состоянием проблемы, устанавливают ее место и значение, а также рассматривают доводы в пользу необходимости ее решения, обсуждают эти доводы вместе с хозяйственными руководителями и специалистами по управлению землей, заинтересованными в экспертизе.

На следующем этапе проводят предварительный анализ исследуемой проблемы, уточняют все внешние и внутренние связи, представляют границы включаемого в рассмотрение материала. Для этого организаторы экспертизы выдвигают центральный вопрос, составляющий существо проблемы, а затем «расщепляют» его на отдельные пункты. Они отделяют известное от неизвестного и ограничивают «поле» рассмотрения лишь теми пунктами, без ответов на которые нельзя получить ответ на центральный вопрос.

Далее организаторы экспертизы дают приближенную оценку проблемы: выявляют условия для ее решения (в том числе методы, средства и т. п.), устанавливают наличие необходимых предпосылок и возможностей для замены одних вопросов другими, определяют альтернативы для каждого вопроса. Если проблема сложна и многогранна, намечаются последовательные этапы экспертизы.

Все это позволяет организаторам экспертизы приступить к формулировке ее целей и задач. Опыт показывает, что наличие четко очерченной цели и понятых задач является обязательным для обеспечения надежности экспертизы. Определение целей и задач экспертизы, их характера, условий, при которых те или иные из них приобретают решающее значение, выделение центральных и второстепенных вопросов позволяют оптимально распределить время и силы экспертов, сосредоточить внимание на основных целях и задачах, четко очертить границы экспертизы.

Сформулировав цели и задачи экспертизы, ее организаторы подготавливают перечень оцениваемых событий и устанавливают совокупность факторов, которые характеризуют эти события. Такой перечень нужен для разработки процедуры, в частности, для того чтобы примерно определить число и профиль требуемых для экспертизы специалистов.

Метод индивидуальных экспертных опенок. Его суть включается в том, что свое суждение о прогнозируемом объекте эксперт высказывает индивидуально (в виде интервью или в специальной анкете). Достоверность прогноза в этом случае зависит от компетентности экспертов данной отрасли знания или деятельности. Этот метод может применяться при прогнозировании, например, состава или структуры целевого использования земель в городе (районе), когда в роли экспертов выступают специалисты по управлению землей (архитекторы, землеустроители, юристы, ученые, экологи), которые излагают свои суждения по данному вопросу в специальных анкетах.

Преимущество данного метода заключается в том, что он позволяет максимально использовать индивидуальные способности эксперта при практическом отсутствии психологического давления со стороны.

Метод коллективных (групповых) экспертных оценок. Это способ прогнозирования группой экспертов путем выявления их суждений, которые затем обрабатываются статистическими или математическими методами. Этот метод дает более достоверные результаты по сравнению с индивидуальным, так как предполагает обмен мнениями. Недостатком данного метода является психологическая перегрузка, влияние авторитета, учет мнения большинства и т. п.

Из методов группового (коллективного) опроса широко используются метод комиссий и различные модификации метола «Дельфы».

Метод комиссий предполагает регулярные «сборы» экспертов для выработки в ходе дискуссии достаточно общих взглядов по обсуждаемым проблемам. Этот метод способствует при умелом использовании созданию творческой атмосферы в коллективе специалистов, нарастающему «генерированию» идей. Обращаясь к этому методу, организаторы экспертиз особое внимание должны уделять психофизиологической совместимости привлеченных к экспертизе специалистов, а также подбору экспертов, обладающих независимостью суждений, «устойчивостью» к мнениям авторитетов и большинства, способностью работать в коллективе.

Разновидностью этого метода является «мозговая атака», или, как

его еще называют, метод коллективной генерации идей. *Метод коллективной генерации идей*, или «мозговой атаки», – это способ использования творческого мышления экспертов с целью выработки новых идей или достижения единой точки зрения по данной проблеме. При этом соблюдаются следующие правила:

1) суть проблемы должна быть четко сформулирована с выделением центрального вопроса;

2) любую поданную идею запрещается считать ошибочной;

3) стимулируется развитие всякой идеи;

4) поддерживаются доброжелательные дискуссионные взаимоотношения при обсуждении идей.

Суждения высказываются поочередно, в результате чего выдвинутая идея порождает новые идеи или критическую реакцию у других экспертов.

Для практического осуществления данного метода организовываются сессии участнику (10–15 чел.), которых за несколько дней в письменной форме знакомят с информацией по обсуждаемому вопросу. В процессе такого прогнозирования появляется система идей, которая в дальнейшем анализируется, и на ее основании формулируется главная идея. Достоверность прогноза зависит от уровня мнений участников.

Этот метод запрещает критику идей в процессе их выдвижения, что обеспечивает возможность свободного высказывания самых «безумных» идей, связанных с решением поставленной проблемы. «Мозговая атака» наиболее перспективна в тех случаях, когда на повестке дня стоит малоизученная проблема и в процессе экспертизы отыскиваются возможные подходы к ее решению.

Все более популярными становятся *метод «Дельфы»* и его различные модификации. Метод характеризуется следующими чертами:

♦ анонимностью экспертов, достигаемой с помощью специальных вопросников или другими способами индивидуального опроса (например, с помощью компьютера);

♦ регулируемой обратной связью, которая осуществляется за счет проведения нескольких туров опроса, причем результаты каждого тура сообщаются экспертам;

♦ групповым ответом, который получается с помощью статистических методов и отражает обобщенное мнение участников экспертизы.

Все это обеспечивает возможность использования многих достоинств и индивидуального, и группового методов опроса. Недостаток метода «Дельфы» заключается в том, что он не позволяет сталкивать в

споре различные мнения и стимулировать тем самым возникающее при личном контакте «генерирование» идей. Кроме того, для проведения экспертизы по методу «Дельфы» требуются значительные затраты времени.

В зависимости от характера требуемой информации, возможностей ее получения и интерпретации опрос может быть личным (очным) и заочным. Личный опрос осуществляется при непосредственном контакте организатора экспертизы с экспертом, а заочный – путем пересылки анкет. Достоинства заочного опроса – его простота и дешевизна. Однако надежность полученных с его помощью данных меньше, поскольку некоторые вопросы эксперт может неправильно истолковать, а на некоторые вообще не дать ответа. Избежать этих недостатков можно при очном опросе, но он более трудоемок. Длительное же участие специалистов в экспертизе вызывает обычно с их стороны недовольство. Кроме того, при очном опросе могут возникнуть нежелательные искажения информации из-за психологического воздействия организатора экспертизы на эксперта.

Анкета – это структурно организованный набор вопросов, каждый из которых логически связан с центральной задачей экспертизы. Все вопросы анкеты в зависимости от их содержания можно подразделить на три группы: данные о самом эксперте (его возрасте, должности, стаже работы, образовании, научном звании, узкой специализации и т. п.); вопросы по существу исследуемой проблемы; вопросы, позволяющие оценить мотивы, которых придерживался эксперт в своем анализе. Анкета считается удачно составленной, если эксперты понимают содержание вопросов так же, как и организаторы экспертизы. Только после проверки и уточнения вопросов можно приступать к отбору экспертов.

Работа по *отбору специалистов*, участвующих в экспертизе, обычно начинается с составления списка компетентных в исследуемой области лиц. Этот список служит основой для выбора экспертов с помощью специальных методов оценки их качеств.

Получив анкету, кандидаты отвечают на ее вопросы. Эти ответы должны показать эрудицию, способность к анализу и другие необходимые для эксперта качества. Особое внимание организаторы экспертизы уделяют способности специалиста в короткий срок (5–10 мин) ответить на поставленные вопросы и дать оценку своим знаниям по каждому вопросу по определенной численной шкале, например пятибалльной. На каждом этапе опроса эксперт должен дать свою оценку в виде числа по заранее подготовленной шкале. После этого оценки статистически

обрабатывают: анализируют полученный численный ряд, рассчитывая так называемые медианы и квартили.

После первого тура опроса каждому эксперту сообщают величину медианы и разброс оценок. Экспертов, чьи оценки попали в крайние квартили, просят объяснить, почему столь велико их расхождение с групповым мнением. При желании они могут исправить опенки. Остальных экспертов тоже знакомят с крайними мнениями и с их мотивировкой, строго соблюдая при этом принцип анонимности.

Такая процедура позволяет участникам экспертизы принять в расчет обстоятельства, которые они могли случайно упустить или которыми пренебрегали во время первого этапа.

Обычно на первом этапе ответы сильно отличаются яруг от друга. Однако с каждым последующим этапом они сближаются все больше и больше: сказывается действие обратной связи. После четвертого этапа опроса все оценки и их мотивировки в последний раз доводятся до сведения экспертов. Они получают последнюю возможность пересмотреть свои решения. Медиана окончательных ответов и считается обобщенным мнением группы.

Рациональное использование информации, получаемой от экспертов, возможно при условии преобразования ее в форму, удобную для дальнейшего анализа, подготовки и принятия плановых решений. С этой целью информацию нужно измерить, т. е. придать ей числовые значения в соответствии с определенными правилами. В этих целях часто применяется *шкала порядка*, называемая иначе *шкалой ранжирования*.

Ранжирование – процедура установления относительной значимости (предпочтительности) исследуемых объектов на основе их упорядочения. Ранг – это показатель, характеризующий порядковое место оцениваемого объекта в группе других объектов, обладающих существенными для оценки свойствами. При ранжировании эксперт должен расположить объекты (факторы, альтернативы) в порядке, который представляется ему наиболее рациональным, и приписать каждому из них числа натурального ряда – ранги (1, 2, 3 и т. д.).

При этом ранг 1 получает наиболее предпочтительная альтернатива, а наибольший ранг N – наименее предпочтительная. Следовательно, порядковая шкала, получаемая в результате ранжирования, должна удовлетворять условию равенства числа рангов N числу ранжируемых альтернатив n.

Сумма рангов, полученная в результате ранжирования объектов, должна быть равна сумме чисел натурального ряда, т. е.

$$S_n = \frac{n(N+1)}{2}. \qquad (8.8)$$

В случаях, если ранжирование проводится несколькими m экспертами, обычно сначала для каждого объекта (фактора) рассчитывают сумму рангов S_m, полученную от всех экспертов, а затем исходя из этой величины устанавливают результирующий ранг для каждого объекта. Наивысший (первый) ранг присваивают объекту (фактору), получившему наименьшую сумму рангов, самый низкий ранг – наибольшую сумму. Остальные объекты ((факторы) упорядочиваются в соответствии со значением суммы рангов объекта (фактора), которому присвоен первый ранг.

Представим, что три эксперта должны исследовать три основных фактора, влияющих на выбор прогнозного варианта использования участка, и что этими факторами являются ожидаемая прибыль, срок освоения и экологическая ценность. Предположим, что каждому из этих факторов эксперты присвоили в соответствии со своими представлениями об их значимости ранги, показанные в первых трех строках табл. 8.1.

Т а б л и ц а 8.1. **Ранжирование экспертами факторов, влияющих на выбор прогнозного варианта использования земельного участка**

Эксперт и ранги	Фактор		
	Ожидаемая прибыль	Срок освоения	Экологическая ценность
Иванов	2	3	1
Петров	1	3	2
Сидоров	3	2	1
Сумма рангов	6	8	4
Результирующий ранг	II	III	I

Как видно из табл. 8.1, наивысший результирующий ранг I присвоен фактору «экологическая ценность», получившему наименьшую сумму рангов и ставшего таким образом, с точки зрения группы экспертов, наиболее важным при выборе прогнозного варианта. Последующие результирующие ранги (II и III) установлены в зависимости от суммы рангов, полученной другими факторами.

На практике метод ранжирования «в чистом виде» используется

редко. Чаще всего он применяется в сочетании с другими методами упорядочивания, обеспечивающими более четкое распределение анализируемых объектов. Так, ранжирование может быть использовано для оценки значимости объектов в сочетании с методом непосредственной оценки.

Метод непосредственной оценки состоит в том, что диапазон изменения какой-либо качественной переменной разбивается на несколько интервалов, каждому из которых присваивается определенная оцени (балл), например от 0 до 10 (от 0 до 1 или от 1 до 100).

Задача эксперта заключается в помещении каждого из рассматриваемых объектов (факторов, альтернатив) в определенный оценочный интервал в соответствии со степенью обладания тем или иным свойством либо в соответствии с предположениями эксперта об их значимости.

Простейшим случаем непосредственной опенки являются ответы «да» или «нет», которые должен дать эксперт на вопросы анкеты. Может быть задана трехступенчатая шкала (например, «очень важно», «важно», «не имеет значения»). Эти качественные суждения эксперта оцениваются по шкале с помощью цифр (баллов). Например, ответу «да» присваивается балл 1, а ответу «нет» – балл 0; при трехступенчатой шкале ответу «очень важно» – балл 2, ответу «важно» – балл I, а ответу «не имеет значения» – балл 0 или же при оценке влияния какого-либо фактора (по шкале от 1 до 10): «чрезвычайно большой вклад» – 10, «большой вклад» – 9 и т. д. по убывающей.

Составление прогнозных карт в мониторинге земель. Всякий прогноз – это идеальная модель неизвестного явления, которая строится на основе не только имеющихся фактических данных, но и теоретических представлений и рабочих гипотез, выдвигаемых исследователем. Поскольку подавляющее большинство прошедших, настоящих и будущих изменений в использовании земель имеет пространственный характер, они могут быть отображены на картах трансформации землепользования (равно как и всей окружающей среды) и соответствующих прогнозных картах. Прогнозное картографирование является самым эффективным и уже достаточно разработанным методом. Для оперативного прогнозного картографирования в структуре мониторинга используются различные системы автоматизированного построения (оцифровки) карт и автоматизированного картографирования.

Карты вероятных прогнозов создаются для более изученных явлений, пространственное размещение которых указывается точно. Детальный анализ закономерностей распространения и основных

тенденций развития позволяет более определенно провести на картах границы прогнозируемого явления. Неопределенными остаются лишь время его наступления, интенсивность, характер проявления. В тех случаях, когда изучены и учтены все или почти все факторы и условия, определяющие размещение, величину, интенсивность или время наступления явления, составляются *карты весьма вероятных прогнозов* – наиболее достоверные из прогнозных карт. Легенды карт весьма вероятных прогнозов и само картографическое изображение отличаются подробностью, например процессы оврагообразования, подмыва и разрушения берегов, развития оползней и т. д.

Предельный случай весьма вероятного прогноза – изображение на карте данных, полученных на основании точного перспективного расчета. Например, прогноз изменений в состоянии земель при проектировании крупных гидротехнических сооружений. На карте могут быть показаны границы зоны затопления в связи со строительством водохранилищ, размещение сети оросительных или осушительных каналов с точным указанием границ территорий, подлежащих обводнению или осушению, местоположение проектируемых защитных лесных насаждений и т. п. На прогнозных картах, полученных путем перспективного расчета, указывают точные сроки изменений, размеры преобразований, отмечают все или почти все последствия этих преобразований.

В тематическом картографировании различают в самом общем прогноз во времени, прогноз в пространстве (прогноз структуры земель, состояния земной поверхности, изменения загрязнения или реабилитации территорий) и пространственно-временной прогноз, сочетающий предсказание развития и эволюции явления с предсказанием его размещения в пространстве.

Прогноз во времени связан с экстраполяцией закономерностей, выявляемых по разновременным картам, а состояние прогнозируемого явления рассматривают в этом случае как функцию времени. Математически это можно выразить уравнением

$$A_{tx} = f(A_{t1}, A_{t2}, \dots A_{tn}), \qquad (8.9)$$

где A_{tn} – состояние явления A в прогнозируемый момент времени t.

Эти состояния изображают на серии разновременных карт. Продолжение найденной закономерности в будущее дает прогнозную карту.

Картографический прогноз во времени наиболее распространен при изучении развития и роста оврагов, интенсивности степени загрязнения, размыва побережий искусственных и естественных водоемов и др.

В мониторинге карты широко используют для прогноза размещения отдельных объектов и взаимосвязанных с ним земельных участков. В его основе лежит изучение взаимосвязей между явлениями, показанными на картах разной тематики, Если на одной карте изображено явление *A*, а на других – явления *B, C,…, N*, то можно попытаться установить взаимосвязь между данными картографическими изображениями, выразив ее в виде следующего уравнения

$$A = f(B, C, \dots, N). \qquad (8.10)$$

Это уравнение показывает, что одни явления служат аргументами для другого. Иначе говоря, можно, например, составить прогнозную карту явления *A*, если имеются карты явлений *B, C,…, N.*

Сравнивая и сопоставляя различные карты с картой известных планировочных (типичных) застроек, устанавливают, какие именно инфраструктурные, экологические, геологические, геоморфологические и другие условия характерны для подобного рода территориальных структур, как отражаются известные типы использования земель в современном ландшафте, рельефе и геологическом строении. Сопоставление большой серии карт разного содержания осуществляется с помощью компьютерных программ, способных перебрать множество вариантов и установить самые существенные закономерные связи, которые определяются «наиболее информативными» признаками.

При прогнозировании в пространстве, детально изучив по картам или аэрофотоснимкам ландшафты одного района, можно перенести установленные закономерности на другую территорию. Образцы пространственно-временных прогнозов можно найти в изучении возможного проявления эрозионных процессов. В данном случае прогнозные карты указывают место, время, условия осуществления и характер эволюции явления. Это используется для разработки конкретных мероприятий по предотвращению деградации территории.

Любая прогнозная карта содержит элементы истинного знания, которые в настоящем или будущем могут подтвердиться и быть доказаны практикой, а также неточности и заблуждения. *Достоверность, степень обоснованности прогнозных карт* определяют многие факторы, главными из которых являются заблаговременность прогноза и дальность экстраполяции прогнозируемых закономерностей. Кроме того, большое влияние на достоверность прогноза оказывают природа самого прогнозируемого явления, его стабильность, подвижность, цикличность. Естественно, чем менее стабильно явление, чем больше

амплитуды его возможных колебаний, тем труднее его прогнозировать, и, наоборот, чем определеннее выражена его повторяемость, цикличность, тем точнее можно предсказать новое, неосуществившееся состояние.

Для прогнозного картографирования применяется метод сопряженного анализа карт земель (и ее отдельных элементов) и техногенной нагрузки, который дает возможность оценить степень экологической опасности техногенного влияния. Для составления аналитических прогнозно-оценочных карт может использоваться методика пространственного прогнозирования опасных экологических процессов по данным дешифрирования аэро- или космических фотоснимков.

В рамках системы мониторинга прогнозные карты изменения состояния земель составляются в следующих возможных случаях:

♦ изменение земель происходит только под влиянием ныне действующих (существующих) источников техногенного воздействия;

♦ изменение земель происходит и будет происходить под влияем как действующих, так и проектируемых источников техногенного воздействия;

♦ изменение земель будет происходить под влиянием только проектируемых источников техногенного воздействия.

При существующей сети мониторинга первый случай прогнозного картографирования изменений в состоянии земель решается наиболее просто, в двух других задача сложнее. Во всех указанных случаях сначала составляются поэлементные карты, т. е. карты развития того или иного процесса или вида воздействия. Количество и состав таких карт не регламентируется и определяется исполнителем исходя из наличия и значения того или иного прогнозируемого процесса с экологических позиции, а также характера и интенсивности источника воздействия. Как правило, такие карты составляются на определенный (прогнозируемый) период времени и все прогнозируемые изменения земельного фонда выражаются через коэффициент площадной изменчивости участков, видов или категорий земель. Все составленные в системе мониторинга прогнозные карты как поэлементные, так и сводные (интегральные) являются основными для разработки собственно прогноза изменения земель под влиянием существующей или проектируемой антропогенной нагрузки. Они используются также для совершенствования, уточнения, оптимизации и реорганизации наблюдательной сети мониторинга.

Многие задачи оценки и прогнозирования состояния земель выполняются с использованием географической информационной системы

(ГИС) Mapinfo Professional, предназначенной для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных Это объясняется тем, что ГИС Mapinfo как высокоэффективное средство для визуализации и анализа пространственных данных, кроме сферы землеи природопользования, применяется в бизнесе и науке, образовании и управлении, в процессе проведения социологических, демографических и других разнообразных исследований. В Mapinfo имеется множество способов создания тематических карт: картограммы, круговые и столбчатые гистограммы, градуированные символы, плотность точек, отдельные значения, непрерывная поверхность, карта-призма и т.д.

Современные версии Mapinfo позволяют связать объект карты с любыми файлами, поддерживаемыми операционной системой, включая фотографии, видеозапись, звук, адрес в Интернете и т. п. При этом Mapinfo не имеет ограничений на объемы используемых данных, кроме ограничений операционной системы на размер файлов и ресурсы компьютера.

В процессе мониторинга земель (особенно при анализе и отображении результатов прогнозирования) достаточно эффективно использование ряда современных графических редакторов, таких, например, как редактор CorelDRAW. С его помощью специалисты в области управления земельными ресурсами получили для своей работы мощный комплекс интегрированных средств компьютерной графики и дизайна. Современный пакет CorelDRAW объединяет такие различные программные средства, как создание векторной графики, макетирование, создание растровых изображении, редактирование иллюстрации, рисование и анимацию. Возможность индивидуальной настройки рабочей среды, инструментарий для подготовки документов к печати на профессиональном уровне, поддержка работы с текстом на многих языках – все это в значительной степени упрощает процесс картографического отображения результатов мониторинга.

Методологическим принципом прогнозного картографирования и районирования изменений физико-химических свойств земель в экологически опасных зонах может служить *принцип геохимической совместимости* природных и антропогенных потоков вещества. Анализ совместимости позволяет определять направление изменений естественных природных процессов и их устойчивость в зоне антропогенного влияния.

Прогнозирование изменений в состоянии земель и всей окружающей среды на основе картографирования осуществляется в несколько

этапов. Сначала проводится инвентаризация имеющихся нарушений в структурно-морфологическом состоянии земель и их геохимических свойствах. Затем выполняется анализ прогнозного развития территориальной структуры земель и их физико-химических свойств, измененных в результате воздействия. Следует оценить устойчивость каждого изучаемого участка. Критерием для определения геохимической устойчивости земель является совместимость результатов вторичных реакций изучаемого воздействия с местными ландшафтно-геохимическими условиями. В связи с этим использование принципа геохимической совместимости при картографировании прогнозных явлений необходимо корректировать с учетом экологического нормирования.

Основные затруднения при реализации прогнозного картографического анализа на основе принципа геохимической совместимости – недостаток экспериментальных материалов.

Оценка результатов прогнозирования. В принципе каждый прогноз должен сопровождаться оценкой точности и надежности данного прогноза, т, е. его *верификацией*. Верификация составляется на основе анализа достоверности исходной информации и ее полноты, адекватности выбранной модели конкретного типа землепользования или ландшафта используемым при моделировании методам, соответствия выбранной модели и продолжительности расчетного периода упреждения и т. п. Верификация в итоге осуществляется при сопоставлении прогнозных оценок с их реализацией. Для количественной оценки результатов такого сопоставления используется коэффициент или критерий сходимости $K_с$, который рассчитывается по формуле

$$K_с = N_ф / N_n. \qquad (8.11)$$

где $N_ф$, N_n – значения фактических (натуральных) и прогнозных изменений отдельных составляющих компонентов состояния земли соответственно.

Категоризация условий сходимости прогнозов может быть дана на основе в табл. 8.2.

Таблица 8.2. **Категории достоверности прогнозов**

№ п/п	Категория достоверности	Критерий сходимости $K_с$
1	Достоверная (хорошая)	0,8–1,2
2	Удовлетворительная	0,5–0,8 и 1,2–1,5
3	Неудовлетворительная	< 0,5 и > 1,5

Из-за низкой достоверности прогнозов или получения новой информации, а также из-за изменившихся условий и интенсивности техногенного воздействия на землю проводится *корректировка прогнозов*, которая осуществляется при соответствующем дополнении входной информации.

Современный опыт прогнозирования позволяет обобщенно сформулировать несколько основных групп критериев, которыми руководствуются прогнозисты, останавливая свой выбор на тех или иных направлениях развития землепользования.

Большое значение для суждения о *точности прогноза* имеют оценка устойчивости выявленных тенденций, теснота взаимосвязей, надежность аналогий. Все эти условия определяются самой методикой прогнозирования, надежностью математического аппарата, использованного исследователем. Важно также правильно оценить точность исходных картографических материалов и других данных. Ошибки, содержащиеся в исходном материале, перейдут в прогнозные карты, причем они могут значительно увеличиваться при экстраполяции на дальний срок.

Наилучший способ оценки точности – составление проверочного прогноза. В этом случае расчетные данные сопоставляются с реальной ситуацией, которая при создании прогноза полагается неизвестной. Тогда точность оценивается по отклонениям величин, полученных в результате расчета, от фактических. Прогноз считается удовлетворительным, если ошибка не превышает двух третей от среднего квадратичного значения прогнозируемого показателя. На картах можно подсчитать также процент территории, где прогноз оправдался. Если точные прогнозные значения охватывают 90 % территории, то оправдываемость считается хорошей, в интервале от 90 до 75 % – удовлетворительной от 75 до 60 % – слабой и менее 60 % – неудовлетворительной.

Критерии надежности прогноза используются для оценки качества выработанных гипотез с целью отсеять сомнительные или малообоснованные предположения. Прогнозист при этом руководствуется в большей мере здравым смыслом и собственной интуицией.

Учитывается также фактор субъективности экспертных опенок, особенно относящихся к определению времени свершения ожидаемых событий. В этом отношении 12–15 лет оказываются обычно наиболее оптимальными. Можно использовать простую формулу выбора реалистического времени $T_{\text{реал}}$ среди наиболее осторожных $T_{\text{ост}}$, и возможно, завышенных $T_{\text{з}}$ оценок срока наступления прогнозируемых событий

$$T_{\text{реал}} = \frac{2T_{\text{ост}} + T_{\text{з}}}{3}. \qquad (8.12)$$

Подобный подход к оценкам времени оправдывает себя в практике мониторинговых работ. Как известно, средняя оценка в этих прогнозах делается путем экстраполяционных расчетов независимо от наличия низшей и высшей оценок. Значения средней оценки прогноза, подсчитанное по предлагаемой формуле, отличаются от прогнозных оценок, полученных на основе специальной экстраполяции менее чем на 1 %.

Технико-экономические критерии выбора. Часто, особенно при прогнозировании новых технологий использования земель, способов застройки или земельных улучшений, удается отыскать заслуживающие доверия экономические аргументы для выбора того или иного направления развития. Естественно, что в случае оценки ожидаемого экономического эффекта от гипотетических мероприятий или нововведений 12–15-летнего будущего обычная методика подсчета экономической эффективности должна обязательно учитывать структуру интенсивности капиталовложений и ожидаемой отдачи от нововведений. По мере осуществления намеченных программ стоимость мероприятий и разработок от этапа к этапу растет в общем случае экспоненциально, однако характерные участки этой кривой поддаются с достаточной близостью аппроксимаций линейными зависимостями.

Для сопоставимой оценки нескольких вариантов нередко используется такой прием:

я) разрабатывается классификатор технико-экономических критериев (размер капиталовложений для земельных улучшений, ожидаемый эффект, достигаемый технический уровень, время, требуемые производственные условия для реализации и т. п.);

б) по каждой группе критериев в специальной оценочной таблице фиксируется оценка (в баллах) возможного состояния прогнозного варианта Например, по критерию «Ожидаемое влияние мелиорации земель на уровень сельскохозяйственного производства» фиксируются следующие возможные состояния и приписываемая им оценка, балл: простое расширение площади сельскохозяйственных земель – 1; получение продукции с мелиорированных земель повышенного качества – 2; полное устранение дефицита продукции по объему и качеству за счет земельных улучшений – 3;

в) группой компетентных экспертов каждый из предложенных на рассмотрение вариантов оценивается в соответствии с классификационной таблицей;

г) сравниваются суммарно полученные каждым вариантом баллы и в соответствии с конкретными финансовыми и производственными условиями принимается решение об одном или двух вариантах, включаемых в план работ.

В самом общем виде оценить степень обоснованности прогнозных исследований можно по критериям, приведенным в табл. 8.3.

Таблица 8.3. **Оценка степени разработки и завершенности прогноза**

Уровень завершенности	Характерные черты каждого уровня	Оценка, балл
1-й	Определена проблема, сформулированы ее основные идеи, однако пути решения известны лишь в общих чертах	0,2
2-й	Прогноз опирается на имеющиеся специальные исследования, которые свидетельствуют о потенциальной реальности варианта использования земель, известны также возможные конкретные подходы к решению	0,3
3-й	Определен оптимальный вариант подхода к решению проблемы на основе учета данных экспериментов и аналитических расчетов, выполненных учеными, работающими в данной области	0,4
4-й	Прогноз содержит развернутую программу конкретных поисковых исследований и экспериментальных разработок, которая имеет высокую вероятность успешной реализации	0,5
5-й	В дополнение к изложенным характеристикам прогнозный вариант располагает также сформулированными представлениями об ожидаемых параметрах результатов и конкретными требованиями к ним со стороны возможных потребителей	0,6
6-й	В прогнозе зафиксированы перспективные виды и конкретные формы ожидаемых результатов, но требуется еще всесторонняя проверка их осуществимости и правильности	0,7
7-й	Доказана правильность и осуществимость прогнозируемых видов и форм результатов, а задел научно-технических работ и производственного опыта достаточен для непосредственной реализации намеченных перспектив	0,8
8-й	В прогнозе имелась возможность зафиксировать общую готовность наличной экспериментальной базы и технологических средств для реализации намеченных перспектив	0,9
9-й	Уровень разработки прогноза примерно соответствует требованиям, предъявленным к проекту, передаваемому для непосредственной реализации. В наличии имеются достаточный для этого потенциал	1,0

Представленные в таблице оценочные баллы учитывают уровни обработки и завершенности прогнозов в использовании земель.

Системные критерии. Данные критерии оценки возможностей развития основаны на учете интересов иерархически высших для данного случая уровней системы. Перспективность нового направления в использовании земель или территории следует оценивать по степени влияния, которое оно может оказать на эколого-экономическое развитие региона: чем более существенны ожидаемые изменения в уровне благосостояния населения, тем выше оценка. Критерий выбора вариантов здесь может базироваться на оценке возможных в перспективе изменений в системе лагов, т. е. в скорости материализации сопоставимых по значимости инженерных, технологических и технических идей. В соответствии с этим критерием предпочтение должно быть отдано тому прогнозному варианту, который при прочих примерно равных условиях открывает большие перспективы экономии общественно необходимого времени на его реализацию.

Критерии политики. Это широкий класс критериев, обусловленных социальной структурой общества, его целенаправленной земельно-имущественной политикой, идеологией и другими факторами, которые выражают отношение государства и общества к земельным ресурсам, окружающей среде.

Один конкретный вид критериев этого класса – критерии приоритета. Не только немаловажные факторы национального престижа, но и более глубокие экономические и экологические обстоятельства делают эти критерии весьма актуальными. Отсюда вытекает необходимость иметь в составе государственной стратегической концепции землепользования представление о том, в каких направлениях будет происходить структуризация земельных ресурсов с ориентацией на принципы устойчивого развития и широкого использования научно-технического опыта.

ЛЕКЦИЯ 9
ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Систематизация первичных данных. Первичные данные, характеризующие результаты наблюдений (большинство из них представляются в виде записей в специальных журналах, полевых дневниках, на бланках, перфокартах, дискетах и других носителях), должны быть

обработаны, систематизированы, приведены к виду, удобному для получения выводов.

Существуют различные способы систематизации первичных данных. Традиционным для мониторинга земель является статистический. Собранные в процессе наблюдений данные о земле нуждаются чаще всего в определенной статистической обработке, сведении разрозненных данных воедино. Научно организованная обработка материалов наблюдений (по заранее разработанной программе), включающая в себя кроме обязательного контроля собранных данных систематизацию, группировку материалов, составление таблиц, получение итогов и производных показателей (средних, относительных величин), называется в статистике *сводкой.*

Сводка представляет собой начальный этап статистического исследования. Целью сводки в мониторинговых исследованиях является получение на основе исходных данных обобщающих статистических показателей, отражающих сущность социально-экономических или эколого-экономических явлений в использовании земли и определенные статистические закономерности.

По технике или способу выполнения сводка может быть ручной либо автоматизированной.

Ручная сводка применяется в основном для небольших массивов данных. Начинается она с шифровки статистических формуляров (карточек). Затем (формуляры определенным образом группируются и подсчитывается их количество, в том числе и другие показатели.

При *автоматизированной сводке* и больших объемах совокупности исходные данных могут сразу заноситься на электронные носители информации и полностью обрабатываться на специальных ЭВМ или персональном компьютере.

Обработка результатов наблюдения практически всегда нуждается в разнообразных табличных методах систематизации. Первичные данные записываются в каком-либо определенном порядке. Если они ранжируются по интенсивности процесса, то располагаются в таблице в порядке его усиления или ослабления. Если они размещены в пространстве, то их удобно выписать по квадратам слева направо и сверху вниз. Если они ранее распределены на группы (например, при учете контуров земель), то описываются в систематическом порядке. Если они расположены друг за другом во времени, то даются в хронологической последовательности.

Для многих данных, характеризующих количественные значения,

обязательным элементом обработки является подсчет различных средних – чаще всего арифметических, но иногда также и квадратичных, геометрических, гармонических, мод и медиан. Для специальных целей требуются терцили, квартили, квинтили и более мелкие части совокупностей.

При изучении нескольких факторов, влияющих на особенности использования земель, применяют комбинированный метод систематизации данных на основе учета пространственных координат и альтитуд (показателей по высоте, превышений), что приводит к построению профилей или разрезов. Если карта используется преимущественно для натурных полевых (экспедиционных) работ, то профиль – в равной мере для стационарных.

Изучаемые статистикой массовые явления и процессы протекают в качественно однородных совокупностях. Однако качественная однородность единиц, составляющих совокупность, не является чем-то абсолютным, навсегда и на все случаи заданным. Единицы, качественно однородные в одном отношении, оказываются разнородными в другом. Это позволяет делить всю статистическую совокупность на частые подсистемы – использовать методы группировки.

Группировка – это разбиение совокупности на группы, однородные по какому-либо признаку. С точки зрения отдельных единиц совокупности группировка – это объединение отдельных единиц совокупности в группы, однородные по каким-либо признакам.

Устойчивое разграничение объектов определяет классификация. *Классификация* – это своего рода стандарт, в котором каждая атрибутивная запись может быть отнесена лишь к одной группе или подгруппе. Классификация основывается на самых существенных признаках, которые очень мало меняются (например, классификация категорий земель, видов земель, классификация объектов недвижимости, основных фондов и т. д.). Таким образом, классификация – это узаконенная, общепринятая, нормативная группировка.

Метод группировки основывается на двух категориях – группировочном признаке и интервале.

Группировочный признак – это признак, по которому происходит объединение отдельных *единиц* совокупности в однородные группы. Классификация и группировка должны производиться на основании вполне объективных и легко распознаваемых признаков. При этом последние могут носить как атрибутивный, так и количественный характер. Следует иметь в виду, что в ряде случаев классификация, которая

представляется чисто качественной, в конечном итоге оказывается основанной на количественном признаке. Такова, например, классификация землепользований (землевладений). Поскольку они различаются не только общей площадью, но и разным составом видов земель (угодий), в статистике могут решаться вопросы по количественному преобладанию того или иного вида земель в зависимости от освоенности, распаханности и т. п.

Интервал очерчивает количественные границы групп. Как правило, он представляет собой промежуток между максимальными и минимальными значениями признака в группе.

По отношениям между признаками выделяют иерархические и неиерархические группировки.

Иерархические группировки выполняются по двум и более признакам, при этом значения второго признака определяются областью значений первого (например, классификация сельскохозяйственных земель по подвидам и разновидностям).

Неиерархические группировки строятся, когда строгой зависимости значений второго признака от первого не существует.

Среди простых группировок особо выделяют ряды распределения. *Ряд распределения* – это группировка, в которой для характеристики групп (упорядоченно расположенных по значению признака) применяется один показатель – численность группы. Другими словами, это ряд чисел, показывающий, как распределяются единицы некоторой совокупности по изучаемому признаку. Рады, построенные по атрибутивному признаку, называются *атрибутивными рядами распределения*. Ряды распределения, построенные по количественному признаку, называются *вариационными рядами.*

Достаточно часто в мониторинговых исследованиях используется *структурная группировка,* которая применяется для характеристики структуры и структурных сдвигов. При проведении структурной группировки решаются вопросы, перечисленные ниже.

1. Выбор группировочного признака. В данном случае в качестве такового может выступать как существенный, так и несущественный признак.

2. Определение количества групп и величины интервала. При выполнении нескольких условий:

а) количество групп должно детерминироваться уровнем колеблемости группировочного признака. Чем значительнее вариация признака, тем больше при прочих равных условиях должно быть групп;

б) количество групп должно отражать реальную структуру изучаемой совокупности;

в) не допускается выделение пустых групп. Если проблема пустых групп все же возникает, при проведении структурных группировок используют неравные интервалы.

Для нахождения количества групп n служит формула

$$n = 1 + 3{,}322 \log N, \tag{9.1}$$

где N – количество элементов совокупности.

В случае равных интервалов I величина их может быть определена как

$$I = \frac{X_{max} - X_{min}}{n}, \tag{9.2}$$

где X_{max}, X_{min} – максимальное и минимальное значение интервалов.

3. Определение системы показателей для характеристики групп. Обязателен показатель численности групп. Он может быть представлен либо частотой (количеством единиц в каждой группе), либо частотностью (удельным весом каждой группы).

Аналитическая (факторная) группировка предназначена для установления тесноты связи между взаимодействующими признаками – факторным и результативным. Она позволяет выявить наличие и направление связи, а также измерить ее тесноту и силу. Методологическими вопросами построения факторной группировки являются выбор группировочного признака, определение количества групп и величины интервала, выбор системы показателей для характеристики групп. Чаще всего в качестве группировочного принимают факторный признак, выделенный на основе априорного анализа. Интервалы в аналитической группировке берутся преимущественно равными либо равнонаполненными (группы с приблизительно одинаковой частотой). Величина интервала рассчитывается так же, как и при построении структурной группировки. Среди показателей групп обязательным является значение результативного показателя по каждой группе.

Многомерные группировки в статистике земель основаны на проведении многомерной классификации, выполняемой в несколько этапов:

1) сформулировать цель классификации;

2) выделить комплексна знаков классификации;

3) определить меру сходства объектов;

4) выбрать алгоритм и программу классификации;

5) рассчитать варианты классификации;

6) оценить результаты.

Первые четыре этапа – это, по существу, постановка задачи классификации. Исходные данные для задачи многомерной классификации обычно представляют в виде матрицы объект – признак. Ее строками являются значения признаков, характеризующих соответствующий объект, а столбцами – значения каждого признака для рассматриваемой совокупности объектов.

Выделяют три типа мер сходства:

1) коэффициенты подобия,

2) коэффициенты связи;

3) показатели расстояния.

Меры первых двух типов можно назвать мерами близости: чем больше их величина, тем ближе объекты друг к другу.

Обратное положение с показателями расстояния: чем больше их величина, тем больше различие между объектами. Меры сходства могут определяться как между объектами, так и между признаками.

Коэффициенты подобия используются для измерения степени близости между парами объектов (*i* и *j*), каждый из признаков которых принимает значения 0 или 1.

Наиболее простой коэффициент подобия s_{ij} рассчитывается по формуле двух сравниваемых объектов:

$$s_{ij} = \frac{P_{ij}}{m}, \qquad (9.3)$$

где P_{ij} – количество совпадающих признаков у объектов *i* и *j*;

m – общее количество признаков, по которым осуществляется сравнение ($0 < 5 < 1$).

Часто в качестве мер сходства используются коэффициенты корреляции как измерители силы связи между объектами (между строками матрицы объект – признак) либо как измерители связи признаков (столбцами той же матрицы).

Если признаки не поддаются точной количественной оценке, то мерами их связи служат коэффициенты *ранговой корреляции.* Для измерения связи количественных признаков обычно определяют коэффициенты *линейной корреляции.*

Во многих случаях при оценке результатов наблюдения роль меры сходства играет *функция расстояния.* Часто применяют так называемое *евклидово расстояние* d_{ij} для оценки количественных признаков:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m}(X_{ij} - X_{ji})^2}, \quad (9.4)$$

где X_{ij}, X_{ji} – значение i-го признака у объектов j и i соответственно.

Используется также коэффициент доминирования (поляризации) земель Д:

$$Д = \frac{\sum(q_i - q_0)}{100}, \quad (9.5)$$

где q_i – удельный вес земель i-го вида на территории, %;

q_0 – средний процент, приходящийся на каждый из основных преобладающих видов земель (чаще всего из трех или четырех доминирующих).

Для иллюстрации применения коэффициента доминирования Д используются статистические данные, приведенные в табл. 9.1. Здесь представлены варианты размещения трех видов земель, суммарный удельный вес которых на территории во всех случаях составляет 90 %.

Таблица 9.1. **Пример использования показателя доминирования земель**

Удельный вес видов земель по вариантам, %			Средний удельный вес, %	Д	Степень доминирования
Варианты					
1	2	3			
30	30	30	30	0	Отсутствует
40	30	20	30	0,2	Низкая
50	20	20	30	0,4	Несущественная
60	20	10	30	0,6	Существенная
70	10	10	30	0,8	Значительная
80	5	5	30	1,0	Полная

Как видно из приведенных вариантов, с помощью показателя доминирования, можно оценить существующее положение в составе земель и проследить возможные структурные изменения на территории.

Статистические таблицы являются средством наглядного выражения результатов исследования. Значение таблиц определяется тем, что они позволяют изолированные статистические данные рассматривать совместно, достаточно полно и точно охватывая сложную природу явлений. Любая статистическая таблица представляет собой форму

рационального, наглядного изложения статистических данных о явлениях, и процессах, изучаемых статистикой.

По построению таблицы могут быть простыми, групповыми, комбинационными.

Простой называется такая статистическая таблица, в которой нет группировок. Простые таблицы бывают перечневыми (содержит перечень единиц, составляющих объект изучения), территориальными (дается перечень территорий, стран, областей, городов и пр.), хронологическими (в подлежащем приводятся периоды времени или даты).

Групповыми называются *таблицы,* в которых изучаемый объект разделен на группы по какому-либо признаку.

Комбинационной таблицей называется такая, в которой дана группировка единиц совокупности по двум и более признакам, взятым в комбинации.

Практикой выработаны определенные требования к составлению и оформлению таблиц. Таблица по возможности должна быть краткой. Не следует загружать ее излишними подробностями, затрудняющими анализ исследуемых явлений. В таблице желательно давать нумерацию граф. Это облегчает пользование таблицей, дает возможность лучше ориентироваться, показывает способ расчета цифр в графах. Заголовки граф следует сформулировать так, чтобы были ясны смысл данной величины и порядок ее расчета. Следует различать графы «Итого» и «Всего»: если «Итого» является итогом для определенной части совокупности, то «Всего» – итогом для совокупности в целом.

Таблица может сопровождаться примечаниями, в которых указываются источники данных, более подробно раскрывается содержание показателей, даются и другие пояснения, а также оговорки в случае, если таблица содержит данные, полученные в результате вычислений.

При оформлении таблиц обычно применяются следующие условные обозначения; знак прочерка (–) – явление отсутствует; х – явление не имеет осмысленного содержания; многоточие (...) – отсутствуют сведения о его размере (или делается запись «Нет сведений») Если сведения имеются, но числовое значение меньше принятой в таблице точности, оно выражается дробным числом (0,0).

Округленные числа приводятся в таблице с одинаковой степенью точности (до 0,1; до 0,01 и т. п.). Если в таблице приводятся проценты роста, то во многих случаях целесообразно проценты от 300 и более заменять отношениями в разах. Например, писать не «1000 %», я «в 10,0 раз».

Мониторинговые исследования ново «можно представить себе без применения *графических методов,* прочно вошедших в арсенал средств научного общения и в методику научного исследования.

Особое место графические методы занимают в статистике и экономике, они связаны с большими комплексами цифр, сведенных в громоздкие таблицы. Здесь графические методы помогают прежде всего описанию, а затем и анализу этих данных. С помощью графиков легко выявить и наглядно представить закономерности, которые часто трудно бывает уловить в сложных статистических таблицах. При этом используются различные графики, многообразие видов которых обусловлено различиями в их статистическом содержании, способах построения и широтой круга изображаемых ими общественных явлений и процессов.

Графиками в статистике земель называются условные изображения числовых величин и их соотношений в виде различных геометрических образов – точек, линий, плоских фигур и т. п. Использование графиков для изложения статистических показателей позволяет придать последним наглядность и выразительность, облегчить их восприятие. Во многих случаях графики помогают уяснить сущность изучаемого явления, его закономерности и особенности, увидеть тенденции его развития, взаимосвязь характеризующих его показателей.

Статистические графики можно классифицировать по разным признакам: назначению (содержанию), способу построения и характеру графического образа.

По *содержанию* или *назначению* можно выделить графики сравнения в пространстве, графики различных относительных величин (структуры, динамики ит. п.), графики вариационных рядов, графики размещения по территории, графики взаимосвязанных показателей. Возможны и комбинации этих графиков, например графическое изображение вариации в динамике или динамики взаимосвязанных показателей и т. п.

По *способу построения* графики можно разделить на диаграммы, картодиаграммы и картограммы.

По характеру графического образа различают графики точечные, линейные, плоскостные (столбиковые, почасовые, квадратные, круговые, секторные, фигурные) и объемные.

Разновидностью столбиковой диаграммы является полосовая диаграмма, для которой характерны горизонтальная ориентация столбиков (полос) и вертикальное расположение базовой линии.

Для построения диаграмм и графиков широко используются

компьютерные программы. При создании диаграммы с помощью Microsoft Graph диаграмма и связанные с ней данные отображаются в специальной таблице. Эту таблицу называют таблицей MS Graph. Она содержит образцы заполнения подписей строк, столбцов и других данных, которые вводятся пользователем. Как для одного ряда данных, так и для всей диаграммы можно изменить тип диаграмм. Программа обеспечивает построение различных типов диаграмм.

Диаграмма с областями подчеркивает изменение величины с течением времени. Отображая сумму значений рядов, такая диаграмма наглядно показывает вклад каждого ряда.

Гистограмма позволяет представить изменение данных на протяжении отрезка времени. Диаграммы этого типа удобны также для наглядного сравнения различных величин. Ось категорий в гистограмме располагается по горизонтали, ось значений – по вертикали. Такое расположение осей подчеркивает характер изменения значении во времени.

Линейчатая диаграмма позволяет сравнивать отдельные значения. Ось категорий расположена по вертикали, ось значений – по горизонтали. Это позволяет обратить большее внимание на сами представленные в диаграмме значения, не подчеркивая при этом их изменение во времени.

Диаграмма в виде графика наглядно показывает изменение величин через равные промежутки времени.

Круговая диаграмма показывает отношение размеров элементов, образующих ряд данных, к сумме элементов. Всегда отображается только один ряд данных. Такой тип диаграммы целесообразно использовать, когда необходимо подчеркнуть вклад основного элемента.

Как и круговая, *кольцевая диаграмма* показывает отношение частей к целому, но этот тип диаграммы может включать несколько рядов данных. Каждое кольцо в кольцевой диаграмме соответствует одному ряду данных.

Точечная диаграмма показывает взаимосвязь между числовыми значениями нескольких рядов данных либо отображает две группы чисел как один ряд точек с координатами *X* и *Y*. Элементы данных на этой диаграмме сосредоточены в группы (их распределение неравномерно) Такие диаграммы часто используются для представления результатов экспериментов.

Диаграмму *«Поверхность»* целесообразно использовать для поиска наилучшего сочетания в двух наборах данных. Как и на топографической карте, области, относящиеся к одному диапазону значений,

выделяются одинаковым цветом или узором.

Использование маркеров данных *цилиндрической, конической* и *пирамидальной формы* может существенно улучшить внешний вид и наглядность объемной диаграммы.

Иногда сравниваемые объекты характеризуются резко разнящимися значениями показателей. Представить эти данные с помощью столбиковой диаграммы практически невозможно, так как высота одного столбика может во много раз превышать высоту другого. В подобных случаях используют особые виды плоскостных диаграмм – квадратные или круговые. Их построение основано на том, что величины изображаемых показателей должны быть пропорциональны площадям квадратов или кругов, а корни квадратные из сравниваемых величин – линейным размерам этих фигур (сторонам квадратов или радиусам кругов).

Анализ мониторинговой информации с использованием абсолютных, относительных и средних величин. Результаты статистического наблюдения регистрируются прежде всего в форме первичных *абсолютных величин.* Так, данные о площадях земельных участков по категориям целевого назначения и видам хозяйственного использования отражаются в государственной статистической отчетности. Абсолютная величина отражает уровень развития явления.

В статистике земель и объектов недвижимости все абсолютные величины являются именованными, измеряются в конкретных единицах (гектарах, квадратных метрах, человеках, рублях и т. д.). В отличие от математического понятия абсолютной величины, они могут быть как положительными, так и отрицательными (уменьшение, убытки, убыль, потери и т. п.).

Сточки зрения конкретного исследования совокупность абсолютных величин можно рассматривать как состоящую из показателей *индивидуальных,* характеризующих размер признака у отдельных единиц совокупности, и *суммарных,* характеризующих итоговое значение признака по определенной части совокупности. Так, если индивидуальными будут показатели численности работающих в землеустроительной службе районного исполнительного комитета, то суммарными – численности работающих в службе области или в целом по республике. Суммарные абсолютные величины часто получают путем специальных расчетов (перспективная численность населения, ожидаемая площадь загрязнения. объем производства, плановые задания по выпуску продукции и т. д.).

Поскольку абсолютные показатели – это основа всех форм учета и

приемов количественного анализа, то в мониторинговых исследованиях следует разграничивать моментные и интервальные абсолютные величины. *Моментные абсолютные величины* показывают фактическое наличие или уровень явления на определенный момент, дату (например, наличие земельных участков, запасов материалов оборотных средств, численность проживающих и т. д.), *интервальные* – итоговый накопленный результат за период в целом (объем построенного жилья, произведенной продукции за месяц или год, прирост населения за определенный период, величина валового сбора продукции за год и т. п.). В отличие от моментных интервальные абсолютные величины допускают их последующее суммирование (естественно, если речь идет об одном и том же показателе).

По своему содержанию абсолютные величины могут характеризовать как относительно простые совокупности – численность населения, организаций, количество налогооблагаемых участков, площадь земель определенного вида, так и совокупности достаточно сложные – величину налога на недвижимость, стоимость всей продукции предприятия или отрасли, величину валового национального продукта, национального дохода и т. д.

Сама по себе абсолютная величина не дает полного представления об изучаемом явлении, не показывает его структуру, соотношение между отдельными частями, развитие во времени. В ней не выявлены соотношения с другими абсолютными показателями. Эти функции выполняют определяемые на основе абсолютных величин относительные показатели.

Относительная величина в статистике земель и недвижимости – обобщающий показатель, который дает числовую меру соотношения двух сопоставляемых абсолютных величин. Так как многие абсолютные величины взаимосвязаны, то и относительные величины одного типа в ряде случаев могут определяться через относительные величины другого типа.

Основное условие правильного расчета относительной величины сопоставимость сравниваемых показателей и наличие реальных связей между изучаемыми явлениями. Таким образом, по способу получения относительные показатели – всегда величины производные, определяемые в форме коэффициентов, процентов, промилле и т. п.

Однако нужно помнить, что этим безразмерным по форме показателям может быть, в сущности, приписана конкретная, иногда довольно сложная, единица измерения. Так, например, такие относительные по-

казатели естественного движения населения, как коэффициенты рождаемости или смертности, исчисляемые в промилле (‰), показывают количество родившихся или умерших за год в расчете на 1000 человек среднегодовой численности; относительная величина эффективности использования рабочего времени – это количество продукции в расчете на один отработанный человеко-час и т. д.

Относительные величины образуют систему взаимосвязанных статистических показателей. Наиболее часто в мониторинговых работах используются следующие показатели использования земель (в процентах): освоенность территории (отношение площади сельхозземель к общей площади территории), распаханность территории или сельхозземель, лесистость территории, удельный вес в составе земельных ресурсов других видов или групп участков.

По содержанию выражаемых количественных соотношений в мониторинговых исследованиях выделяют несколько типов относительных величин.

Относительная величина динамики – характеризует изменение уровня развития какого-либо явления во времени. Она получается в результате деления уровня признака в определенный период или момент времени на уровень этого же показателя в предшествующий период или момент.

Относительные величины координат (ОВК) – показывают отношение частей данной совокупности к одной из них, принятой за базу сравнения. ОВК показывают, во сколько раз одна часть совокупности больше другой либо сколько единиц одной части приходится на 1, 10, 100, 1000 и т. д. единиц другой части. Относительные величины координации могут рассчитываться и по абсолютным показателям, и по показателям структуры.

Относительные величины сравнения – раскрывают сравнительные размеры одноименных абсолютных величин, относящихся и одному и тому же периоду либо моменту времени, но к различным объектам или территориям. Посредством этих показателей сопоставляются производительность труда отдельных рабочих, производство продукции данного вида разными предприятиями, районами, странами.

Сопоставляя показатели динамики разных явлений, получают еще один вид относительных величин сравнения – *коэффициенты опережения (отставания)* по темпам роста или прироста. Так, если производительность труда на предприятии возросла на 12 %, а фонд оплат, труда увеличился на 7,5 %, то коэффициент опережения производительности

труда по темпам роста составит 112 : 107,5 = 1,042; коэффициент опережения по темпам прироста равен 12 : 7,5 = 1,6.

Относительные величины интенсивности – характеризуют степень распределения или развития данного явления в той или иной среде. Представляют собой отношение абсолютного уровня одного показателя, свойственного изучаемой среде, к другому абсолютному показателю, также присущему данной среде и, как правило, являющемуся для первого показателя факторным признаком. Так, при изучении демографических процессов рассчитываются показатели рождаемости, смертности, естественного прироста и др. как отношение количества родившихся (умерших) или величины прироста населения за год к среднегодовой численности населения данной территории в расчете на 1000 чел. Если получаемые значения очень малы, то делают расчет на 10 000 чел.

Средняя величина – это обобщающий показатель, характеризующий типический уровень явления. Он выражает величину признака, отнесенную к единице совокупности. Средняя величина всегда обобщает количественную вариацию признака, т. е. в средних величинах погашаются индивидуальные различия единиц совокупности, обусловленные случайными обстоятельствами. В процессе мониторинговых исследований целесообразно использовать некоторые общие принципы применения средних величин.

1. При определении средней величины в каждом конкретном случае нужно исходить из качественного содержания усредняемого признака, учитывать взаимосвязь изучаемых признаков, а также имеющиеся для расчета данные.

2. Средняя величина должна прежде всего рассчитываться по однородной совокупности. Качественно однородные совокупности позволяют получить метод группировок, который всегда предполагает расчет системы обобщающих показателей.

3. Общие средние величины должны подкрепляться групповыми средними. Допустим, что анализ динамики урожайности отдельной сельскохозяйственной культуры показывает, что общая по Беларуси средняя урожайность снижается. Однако известно, что урожайность этой культуры зависит от почвенных, климатических и других условий и различна в отдельных районах.

Сгруппировав районы по признакам различия и проанализировав динамику групповых средних, можно обнаружить, что в отдельных группах районов средняя урожайность либо не изменилась, либо возрастает, а снижение общей средней по республике в целом обусловлено

ростом удельного веса районов с более низкой урожайностью в общем производстве этой сельскохозяйственной культуры. Очевидно, что динамика групповых средних более полно отражает закономерности изменения урожайности, а динамика общей средней показывает лишь общий результат.

4. Необходим обоснованный выбор единицы совокупности, для которой рассчитывается средняя.

Средние величины делятся на два больших класса: степенные средние и структурные средние.

К *степенным средним* относятся такие наиболее известные и часто применяемые виды, как средняя геометрическая, средняя арифметическая и средняя квадратичная. Степенные средние в зависимости от представления исходных данных могут быть простыми и взвешенными. *Простая средняя* считается по несгруппированным данным, *взвешенная средняя* – по сгруппированным.

Особый вид средних величин – структурные средние – применяются для изучения внутреннего строения рядов распределения признака, а также для оценки средней величины степенного по имеющимся статистическим данным ее расчет не может быть выполнен.

В качестве структурных средних чаще всего используют показатели *моды* – наиболее часто повторяющегося значения признака – и *медианы* – величины признака, которая делит упорядоченную последовательность его значений на две равные по численности части. В итоге у одной половины единиц совокупности значение признака не превышает медианного уровня, а у другой – не меньше его.

При расчете модального значения признака по данным интервального ряда надо обращать внимание на то, чтобы интервалы были одинаковыми, поскольку от этого зависит показатель повторяемости значений признака *X*.

В анализе мониторинговых данных широко используются *тренды* и *выравнивание рядов*. Непосредственное выделение тренда может быть произведено тремя методами.

1. *Укрупнение интервалов*. Ряд динамики разделяют на некоторое достаточно большое количество равных интервалов. Если средние уровни по интервалам не позволяют увидеть тенденцию развития явления, переходят к расчету уровней за большие промежутки времени, увеличивая длину каждого интервала (одновременно уменьшается количество интервалов).

2. *Скользящая средняя*. В этом методе исходные уровни ряда

заменяются средними величинами, которые получают из данного уровня и нескольких симметрично его окружающих. Целое число уровней, по которым рассчитывается среднее значение, называют интервалом сглаживания. Интервал может быть нечетным (3, 5, 7 и т. д. точек) или четным (2,4, б и т. д. точек).

При нечетном сглаживании полученное среднее арифметическое значение закрепляют за серединой расчетного интервала, при четном этого делать нельзя, поэтому при обработке рядя четными интервалами их искусственно делают нечетными, для чего образуют ближайший больший нечетный интервал, но из крайних его уровней берут только 50 %.

Недостаток методики сглаживания скользящими средними состоит в условности определения сглаженных уровней для точек в начале и конце ряда. Получают их специальными приемами расчетом сред ней арифметической взвешенной. Так, при сглаживании по трем точкам выравненное значение в начале ряда рассчитывается по формуле

$$Y = (5Y + 2Y_2 - Y_3)/6. \qquad (9.6)$$

Для последней точки расчет симметричен.

3. *Аналитическое выравнивание.* Под этим понимают определение основной проявляющейся во времени тенденции развития изучаемого явления. Развитие предстает перед исследователем в зависимости только от течения времени. В итоге выравнивания временного ряда получают наиболее общий, суммарный, проявляющийся во времени результат действия всех причинных факторов. Отклонение конкретных уровней ряда от уровней, соответствующих общей тенденции, объясняют действием факторов, проявляющихся случайно или циклически.

Целью аналитического выравнивания динамического ряда является определение аналитической или графической зависимости. На практике по имеющемуся временному ряду задают вид и находят параметры функции, а затем анализируют поведение отклонений от тенденции. Функцию выбирают таким образом, чтобы она давала содержательное объяснение изучаемого процесса.

Чаще всего при выравнивании используются следующие зависимости: линейная, параболическая, экспоненциальная.

Линейная зависимость выбирается в тех случаях, когда в исходном временном ряду наблюдаются более или менее постоянные абсолютные цепные приросты, НС проявляющие тенденции ни к увеличению, ни к снижению.

Параболическая зависимость используется, если абсолютные ценные приросты сами по себе обнаруживают некоторую тенденцию развития, но абсолютные цепные приросты абсолютных ценных приростов (разности второго порядка) никакой тенденции развития не проявляют.

Экспоненциальная зависимость применяется, если в исходном временном ряду наблюдается более или менее постоянный относи тельный рост (устойчивость цепных темпов роста, темпов прирос та, коэффициентов роста) либо при отсутствии такого постоянства – устойчивость в изменении показателей относительного роста (цепные темпы роста, цепные коэффициенты роста и т. п.).

Методические приемы оценки экологического состояния земель. Оценка состояния земель и изменений в состоянии предполагает использование различных показателей, которые выступают при этом в качестве индикаторов. *Экологический индикатор* – это признак, свойственный системе или процессу, на основании которого производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов и явлений. Значение индикатора описывает процесс или явление, выходящее за рамки собственных свойств.

Для оценки состояния земель и окружающей среды в международных и национальных программах используют следующую систему критериев и индикаторов:

– удельный вес охраняемых территорий и водно-болотных угодий (на территории страны, отдельной административной единицы или региона);

– удельный вес селитебных и техногенных территорий;

–площади земель с уровнем превышения критических нагрузок загрязнения;

– процент площади сельхозземель с применением экологических технологий;

– доля населенных пунктов (прежде всего городов), где качество воздуха удовлетворяет стандартам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ);

– продажа экологически чистых продуктов к общему объему;

– доля населения, обеспеченная питьевой водой требуемых стандартов.

Применяются и другие индикаторы, в меньшей степени связанные с использованием земель.

Выбор критериев экологической оценки состояния земель и почв

определяется спецификой их местоположения, генезисом и разнообразием использования. В оценке экологического состояния почв основными показателями степени экологического неблагополучия являются критерии физической деградации, химического и биологического загрязнения. В качестве критерия экологического состояния территории могут использоваться площади выведенных из землепользования участков в результате деградации почв (эрозия, дефляция, вторичное засоление, заболачивание). За комплексный показатель загрязнения почвы принимают фитотоксичность – свойство загрязненной почвы подавлять прорастание семян, рост и развитие высших растений (тестовый показатель).

Признаком биологической деградации почв является снижение жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, о котором можно судить по уменьшению уровня активной микробной биомассы, а также по более распространенному, но менее точному показателю – дыханию почвы. Кратность превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в почве оценивается по их подвижным (растворимым) формам. Радиоактивное загрязнение оценивается по мощности экспозиционной дозы [мкР/ч] и степени радиоактивного заражения [Бк/м^2].

Для оценки химического загрязнения широко используется такой показатель, как индекс суммарного загрязнения почв

$$I_з = \frac{К_1}{ПДК_1} + \frac{К_2}{ПДК_2} + \cdots + \frac{К_n}{ПДК_n}. \qquad (9.7)$$

В общую схему всесторонней оценки экологического состояния земель на основе данных наблюдения включены последовательно взаимосвязанные приемы:

1) анализ динамики и тенденций изменения состава и площадного соотношения земель различного назначения, вида и правового положения во времени и пространстве;

2) анализ изменения качественного состояния земель под воздействием различных факторов с использованием системы показателей;

3) анализ эффектов и последствий на землю. Он включает анализ реакций почвенных микроорганизмов, возделываемых растений, а также определение различных видов ущерба от воздействия (снижение урожая, например). Одновременно оценивается реакция воздействия на землю биоты в других средах (в атмосфере, воде) и косвенно человеческого организма;

4) определение допустимых нагрузок и воздействие на землю. На основе градации фактических воздействий с использованием санитарно-гигиенических, медико-биологических экологических критериев оцениваются пороговые значения функционирования почвы как часть биосферы и земель как объекта социально-экономических отношений. Экологические пороговые значения или экологические нормы устанавливаются, например, с учетом сохранения органического вещества почвы для воспроизводства гумуса, нижнее значение которого не позволяет выращивать районируемые сорта. Экономические критерии устанавливаются исходя из снижения урожая тех же культур в фактическом или стоимостном выражении в результате воздействия (например, на 10 %, на 50 % и т. д.);

5) анализ сравнения фактических нагрузок с предельно допустимыми. Результатом такого анализа будет служить зонирование территории, с учетом степени воздействия (нагрузки) или величины отклонения фактических нагрузок от допустимых.

В оценке приоритетности того или иного воздействия на землю существуют следующие три основных подхода:

♦ определение фактического изменения (в абсолютных или относительных значениях) по сравнению с начальным состоянием, например, насколько уменьшилась доля пахотных земель на анализируемой территории (или в агроландшафте);

♦ оценка изменения состояния земель с учетом критичности состояния всего агроландшафта или экосистемы в целом;

♦ оценка изменений состояния земель с учетом нескольких факторов путем их «взвешивания» по эколого-экономическим критериям.

Наиболее существенными параметрами с точки зрения оценки экологического состояния земель являются параметры, состояния:

1) почвенного покрова (содержание легкорастворимых солей, величина pH почвы, окислительно-восстановительный потенциал почвы, содержание гумуса, водопроницаемость гумусового горизонта почвы, плотность почвы (в граммах на сантиметр кубический), уровень грунтовых вод (в метрах), активная биомасса почвенных микроорганизмов);

2) морфологической структуры земель или всего ландшафта (соотношение основных типов урочищ в ландшафте или основных видов земель (фаций для уровня урочища), новых видов земель, появившихся в результате антропогенного воздействия, в процентах от площади ландшафта);

3) земной поверхности, характеризующие поверхностный сток (внутригодовая структура стока, величины жидкого и твердого стоков).

Приведенные параметры позволяют достаточно полно описать состояние земель и отразить наиболее существенные изменения под воздействием тех или иных внешних факторов. Они являются первым приближением для решения этой цели. В холе дальнейшей обработки какие-то параметры могут быть заменены, дополнены или исключены.

Для оценки степени воздействия антропогенного фактора на параметр состояния необходимо знать конкретное его значение до и после воздействия, на основании которого можно оценить степень изменения параметра (в процентах). Показатель измененности J того или иного компонента или территории в целом можно определить как среднее степеней изменения отдельных параметров J_i

$$J = \sum J_i / n. \qquad (9.8)$$

Определяя показатель измененности (или деградации) земли и ландшафта по формуле (10.8), необходимо пользоваться полным набором перечисленных параметров их состояния. Поскольку часто по различным причинам некоторые из них отсутствуют, в случае земель можно предложить предварительный анализ изменения параметров состояния по группам отдельных свойств (химические, физические, биологические) и затем уже определять показатель измененности в целом как среднюю величину по этим трем группам.

Важной практической проблемой является разработка принципов установления пороговых и критических величин параметра состояния для того, чтобы можно было перейти к экологическому нормированию антропогенного воздействия на экосистемы.

Можно также определять критическую величину нагрузки на основе анализа зависимости доза – эффект. Эта зависимость обнаруживает резкий порог токсичного воздействия на экосистему, соответствующих определенному значению суммарной нагрузки. Данный порог и может быть принят в качестве экологической критической предельно допустимой концентрации воздействия определенной нагрузки на исследованную экосистему. Возможен также и некоторый формализованный подход, когда каждому параметру задается степень допустимого отклонения (в процентах) до порогового и критического значений.

По степени нарушенности земель и всей территории в условиях антропогенного воздействия можно условно выделить пять зон:

1) относительного экологического благополучия (состояние природных комплексов обеспечивает традиционные формы хозяйственной деятельности без ущерба для здоровья человека);'

2) экологического риска (наблюдается достоверное изменение свойств природных комплексов, приводящее к негативным для природы и человека последствиям);

3) экологического кризиса (изменение свойств природных комплексов представляет угрозу для ведения хозяйственной деятельности и здоровья человека);

4) экологического бедствия (негативные изменения природных комплексов приводят к нарушению традиционной технологии хозяйственной деятельности, к существенному повышению заболеваемости человека; для устранения ущерба требуется серьезная система мероприятий);

5) экологической катастрофы (негативные изменения природу комплексов приводят к невозможности ведения традиционной хозяйственной деятельности и проживания человека).

Поскольку почва или грунты на территории, как правило, нарушены в разной степени, в качестве критерия целесообразно использован конкретное значение степени деградации земель в сочетании с площадью его проявления. Естественно, что при этом речь может идти лишь об ориентировочных градациях по площади, так как часто существенное значение имеет степень локализации (на ограниченной площади или фрагментами по всей территории).

Основным критерием деградации земель с позиции сельскохозяйственного производства является снижение их продуктивности. При этом критическим можно считать снижение урожайности более чем на 50 %. Поскольку падение урожайности может быть вызвано не только снижением продуктивных свойств почвы, но и целым рядом социально-экономических причин, использование этой величины в качестве критерия для районирования территории по степени экологической напряженности не всегда обосновано. Интегральной величиной, характеризующей хозяйственную ценность почвы, является ее бонитет. Снижение бонитета почвы также может служить критерием для выделения зоны экологического бедствия

Критерии для районирования территории по степени экологической напряженности на основе анализа изменения плотности почвы приведены в таблице 9.2.

Таблица 9.2. **Критерии для выделения зон экологической напряженности по увеличению плотности почвы и категории зон**

Увеличение плотности почвы, раз	Площадь и категории зон проявления показателей, %			
	< 5	5–19	20–50	> 50
< 1,1	1	1	1	1
1,1–1,2	2	2	2	2
1,2–1,3	3	3	3	4
1,3–1,4	3	3	4	5
> 1,4	3	4	5	5

Примечание. Категории зоны: 1 – относительного благополучия; 2 – экологического кризиса; 3 – экологического кризиса; 4 – экологического бедствия; 5 – экологической катастрофы.

Загрязнение почвенного покрова различными токсическими веществами является одной из основных причин снижения урожайности и ухудшения санитарно-гигиенической ситуации на территории.

Анализируемые параметры почвы приведены в табл. 9.3–9.4.

Таблица 9.3. **Критерии для выделения зон экологической напряженности по степени вторичного засоления почв и категории зон**

Почвы по степени засоления	Площадь и категории зон проявления показателей, %			
	< 5	5–19	20–50	> 50
Назасоленные	1	1	1	1
Слабозасоленные	2	2	2	2
Среднезасоленные	2	3	3	4
Сильнозасоленные	3	3	4	5
Солончаки	3	4	5	5

Таблица 9.4. **Критерии для выделения зон экологической напряженности по генотоксичности почв (тест Эймса) и категории зон**

Рост количества мутаций по сравнению с контролем, раз	Площадь и категории зон проявления показателей, %			
	< 5	5–19	20–50	> 50
До 2	1	1	1	1
2–10	2	2	2	2
10–100	2	3	3	4
100–1000	3	3	4	5
>1000	3	3	5	5

Основанием для районирования территории по степени экологической напряженности может служить любой из параметров состояния почвы.

Рассмотренная деградация земель и почвенного покрова

проявляется в негативных изменениях структуры и функционирования всего ландшафта.

Наличие двух или более видов деградации почвенного покрова увеличивает экологическую напряженность (и соответственно вредные последствия для человека), поэтому получение территорией оценки в 3 балла (экологический кризис) по двум или более видам деградации (например, деградация физических свойств и химическое загрязнение почв) при условии расширения площади поражения означает отнесение ее к зоне экологического бедствия (на 1 балл выше).

Деградация ландшафта характеризуется следующими явлениями:

1) упрощением пространственной структуры до почти полной однородности (уменьшение разнообразия территории). При этом разрушаются все естественные элементы ландшафта (урочища, биогеоценозы), биогеохимические барьеры и, следовательно, нарушаются природные циклы химических элементов, высвобождение или накопление токсических веществ и другие негативные процессы. Падает эстетическая ценность ландшафта;

2) разрушением функциональных связей в ландшафте, проявляющимся в перераспределении жидкого стока и увеличении твердого, уменьшении самоочищающей способности ландшафта, накоплении токсических веществ, увеличении активности денудационных процессов.

Вопрос о выделении зон экологического напряжения по этим двум направлениям деградации ландшафта решается индивидуально в каждом конкретном случае;

3) появлением новых, антропогенных элементов ландшафта. При этом одна часть из них условно может быть названа управляемыми элементами ландшафта и нацелена на удовлетворение потребностей человека (различные виды земель, польдеры, водохранилища). Другая часть новообразованных элементов ландшафта также возникает в результате антропогенной деятельности и в определенной мере имеет негативный характер (отвалы пород, свалки, карьеры). Условно эти элементы можно разбить на четыре группы в зависимости от степени угрозы человеку. В зависимости от занимаемой ими площади и участия в обмене вещества и энергии в ландшафте можно рекомендовать выделение зон экологического бедствия (табл. 9.5).

Для получения объективной информации о состоянии земельных ресурсов в ряде случаев недостаточно учета лишь видимых границ или рубежей на территории, которая лежит в основе результатов

дешифрирования материалов съемок и обследований земель. Хорошо известно, что топографический контур не является элементарным по основополагающим признакам качественного состояния и плодородия земель из-за несовпадения его границ с ареалами почвенных, геоморфологических, геохимических, гидрологических и других выделов. Разрешается это противоречие путем осреднения некоторых характерных качественных показателей в границах существующего контура (считается, например, средний или средневзвешенный уклон местности, балл оценки и др.).

Важной предпосылкой организации и проведения мониторинговых работ является соответствующая нормативная база, определяющая граничные или предельные значения некоторых характерных показателей состояния земель. В качестве подобного рода показателей выступает шкала оценки земель, подверженных процессам деградации (табл. 9.6). Следует отмстить, что именно процессам деградации земель уделяется большое внимание в глобальных и региональных программах сохранения биологического разнообразия и устойчивого развития.

Таблица 9.5. **Критерии для выделения зон экологической напряженности по изменению морфологической структуры ландшафта и категории зон**

Группы техногенных неуправляемых элементов ландшафта	Площадь и категории зон проявления показателей, %			
	< 5	5–19	20–50	> 50
Не представляющие непосредственной угрозы человеку: отвалы нетоксичных пород, карьеры, деградированные сельхозземли	1	2	3	4
Представляющие угрозу разрушения зданий и сооружений: антропогенные просадки, оползни, разломы, военные полигоны, районы боевых действий	2	3	4	5
Отвалы токсичных пород, изолированные от грунтовых вод, но с возможностью переноса частиц по воздуху и посредством стока в поверхностные воды	3	4	5	5
Карьерные выемки и отвалы токсичных пород с угрозой загрязнения грунтовых вод (грунтовые воды не защищены)	4	5	5	5

В меньшей степени разработаны методические подходы для комплексного учета в мониторинге наиболее важных факторов, одновременно действующих как на землю, так и на другие различные компоненты окружающей среды. Вместе с тем при совместной оценке экологических и экономических факторов должно быть определенное временное согласование между ними. Можно считать, что для целей

мониторинга в интервале примерно 5–10 лет возможно достижение эколого-экономического компромисса, при этом возможности описания различных сторон экологической динамики более реалистичны, чем экономической. Однако желательно, чтобы суммарная оценка изменения объекта или явления была дана в экономических единицах, что позволит непосредственно сопоставлять ее значения со значениями экономического эффекта от изменения хозяйственной политики в регионе, а затем проводить анализ целесообразности этого изменения по схеме затраты – выгода.

Данные мониторинга в этом смысле становятся необходимым инструментом при выработке конкретных оптимальных показателей экономического развития региона.

Критериями оценки экологической ситуации является устойчивость ландшафтов к антропогенному воздействию, а также характер и плотность неблагоприятных природно-техногенных процессов.

В числе основных факторов, формирующих экологическую ситуацию, следует назвать следующие:

– природные (состояние компонентов природы и ландшафтов, неблагоприятные геолого-морфологические, климатические и другие процессы, наличие лечебно-рекреационных ресурсов и памятников природы);

– социально-экономические (масштабы и структура природопользования, уровень техногенной нагрузки, степень развития социальной инфраструктуры – от обеспеченности жильем до объемов ассигнований в социальную сферу);

– общественно-политические – система государственных мер по сохранению экологического потенциала (формирование особо охраняемых территорий, нормирование природопользования и др.).

В качестве одного из интегрирующих показателей, комплексно учитывающих факторы воздействия на землю и ландшафт в целом, целесообразно применять индекс экологической опасности использования ресурсов территории $I_{э.о}$. Для описания экологической ситуации необходимо использовать некоторую систему показателей, структурно разделенную на две группы. Одна из них должна включать данные о природной составляющей экологической опасности (относительно постоянная группа), вторая же содержит данные, характеризующие антропогенное воздействие (наиболее динамичная группа).

Т а б л и ц а 9.6. **Шкала оценки земель, подверженных процессам деградации**

Виды деградации	Причины деградации	Показатели ухудшения свойств земель	Морфологические признаки изменения	Степень деградации, недобор урожая, %			
				< 5	5–19	20–50	> 50
Эрозия	Нерациональное использование склоновых земель, интенсивный полив и др.	Смыв и дефляция почвы, снижение гумуса, уменьшение плодородия	Уменьшение и потеря верхнего слоя почвы	Смыв до 20 %	20–40	40–60	60–100
Заболачивание	Подтопление земель, подъем уровня грунтовых вод (УГВ)	Усиление влажности почв, оглеение, оторфование растительных остатков	Высокое стояние УГВ, застаивание воды	Слабая заболоченность	Средняя	Сильная	Болото
Вторичное засоление	Подъем УГВ, полив минерализованными водами	Соленакопление (сульфаты и хлориды Na, Mg, Ca)	Выступы солей на поверхности почвы	0,1–0,3 % солей	0,3–0,5 %	0,5–1,0 %	Солончаки
Подкисление	Выпадение кислых дождей, внесение минеральных удобрений	Потери гумуса, увеличение содержания Na, снижение pH	Осветление верхнего слоя	pH 5,5–6,5	4,0–5,5	3,0–4,0	< 3,0
Загрязнение пестицидами	Бесконтрольное, чрезмерное применение пестицидов	Накопление пестицидов в почве	Отсутствуют	До 2 ПДК	2–5	5–10	< 10
Загрязнение тяжелыми металлами	Техногенные выбросы и отходы	Накопление в почве тяжелых металлов, потери гумуса	Неявные	До 2 ПДК	2–5	5–10	< 10

Состав показателей первой группы должен отражать в самом общем виде предрасположенность ресурсов природного ландшафта к внешнему антропогенному воздействию, а набор оцениваемых природных факторов характеризует в любой конкретный момент времени индекс экологической опасности природных факторов $Э_п$. Показатели второй группы количественно могут быть оценены через индекс экологической опасности антропогенных факторов $Э_а$. Сравнивая и сопоставляя эти два индекса, можно в итоге рассчитывать каждый раз суммарный индекс $I_{э.о}$ по формуле

$$I_{э.о} = Э_п - Э_а. \quad (9.9)$$

Этот индекс можно применять для оценки степени опасности сложившихся способов хозяйствования или целевого использования земель на конкретной территории. Он применим для любого типа ландшафта и любого набора оцениваемых признаков (факторов). Основная проблема при оценке результатов мониторинга предлагаемым методом заключается в объективности определения величины (доли) вклада отдельных факторов в общую составляющую экологической опасности. В качестве варианта решения этой проблемы предлагается весь возможный интервал изменения каждого из признаков подразделять на определенно равное число групп (обычно 4 или 5). Соответствующему значению признака в группе присваивается индекс (вес фактора) от 0 до 1. При этом максимальное значение индекса соответствует наибольшей экологической опасности данного фактора, а его снижение свидетельствует об уменьшении степени опасности. Такой подход позволяет сопоставлять разные факторы и производить с определенной степенью точности экспертную оценку всех факторов в совокупности (табл. 9.7).

Так, для сельскохозяйственных ландшафтов природную (естественную) составляющую экологической опасности могут в наибольшей степени характеризовать следующие факторы: освоенность, распаханность и лесистость территории, удельный вес земель с уклоном более 2° (напряженность рельефа) и др.

Кроме перечисленных, может учитываться ряд других факторов: напряженность рельефа (удельный вес используемых земель с уклоном более 2°), удельный вес земель средостабилизирующего назначения, коэффициент экологического разнообразия, уровень механизации технологических процессов, размещение экологически опасных объектов, удельный вес пропашных культур и т. п.

Т а б л и ц а 9.7. **Показатели факторов экологической опасности использование земель**

А. Природная составляющая опасности			Б. Антропогенная составляющая опасности		
Фактор	Интервал значения признака	Значение фактора, доля ед.	Фактор	Интервал значения признака	Значение фактора, доля ед.
Освоенность территории, %	> 90	1,0	Индекс плотности населения, чел./км² · число сел	> 200	1,0
	80–90	0,9		150–200	0,9
	70–80	0,7		100–150	0,8
	60–70	0,5		50–100	0,7
	< 60	0,3		< 50	0,5
Распаханность территории, %	> 75	1,0	Концентрация животноводства, усл. гол. / 100 га сельхозземель	> 200	1,0
	65–75	0,9		160–200	0,8
	55–65	0,8		125–160	0,6
	45–55	0,7		100–125	0,4
	< 45	0,5		< 100	0,2
Лесистость территории, %	< 10	1,0	Химическая нагрузка, кг д. в. / га в год	> 400	1,0
	10–20	0,9		300–400	0,8
	20–30	0,7		200–300	0,6
	30–40	0,5		100–200	0,4
	> 40	0,3		< 100	0,2
Густота гидрографической сети, км/км²	< 2,5	1,0	Пестицидная нагрузка, кг/га в год	> 5	1,0
	1,0–2,5	0,9		3,0–5,0	0,8
	0,6–1,0	0,8		1,5–3,0	0,6
	0,3–0,6	0,6		0,5–1,5	0,4
	> 0,3	0,4		< 0,5	0,2

В зависимости от региона страны и целей исследования диапазон изменения названных признаков, как и их количество, могут быть уточнены и конкретизировано. Однако количественные параметры факторов, особенно их граничные пределы, должны соответствовать действующим экологическим нормативам предельно допустимых концентраций (ПДК), выбросов (ПДВ) и др.

Для оценки суммарного (общего) влияния перечисленных факторов загрязнения окружающей среды и степени экологической опасности использования земель целесообразно применить среднее геометрическое значение их признаков с обобщающим коэффициентом 100

$$Э_о = 100 \cdot (К_1 \cdot К_2 \cdot \ldots \cdot К_n)^{1/n}, \qquad (9.10)$$

где $Э_о$ – коэффициент суммарной экологической опасности использования земель;

$К_n$ – значение экспертной оценки фактора из их общего доля ед.

Коэффициенты суммарной (итоговой) экологической опасно рассчитываются отдельно для каждой группы факторов: с учетом природных факторов $Э_n$ и антропогенных фактор $Э_a$.

По схожей методике может быть оценена интегральная экологичен кая нагрузка на любой ландшафт или на территории любой административной единицы.

Картографические методы анализа и оценки изменения. Анализ по картам связей и зависимостей между изображенными на них явлениями составляет одну из самых интересных и важных мониторинговых задач. Ее решение опирается в своей фактической основе на все разнообразие тематических карт земель, природы, экономики и населения.

Многие взаимосвязи можно обнаружить даже на мелкомасштабных картах. Например, сопоставление карт почв и растительности позволит обнаружить закономерное соответствие почвенных растительных формаций. Можно также проследить связь почвенно-растительного покрова с климатическими характеристиками территории и т. д.

Среди графических приемов определения взаимосвязей наиболее удобно совмещение контуров изучаемых явлений на обшей основе Этот прием позволяет провести сплошное сопоставление территории. Сопоставление карт разной тематики позволяет сделать первый шаг к раскрытию причинно-следственных отношений между явлениями. Приступая к анализу карт разной тематики, следует обращать особое внимание на качество самих карт. Наиболее подходят для сравнения карты, составленные по единым требованиям в одном масштабе и проекции и предназначенные для одной и той же, пели, например карты из комплексных научно-справочных или учебных атласов.

Обычно в начальной стадии исследования особое внимание привлекают очевидные совпадения контуров, ареалов или изолиний на картах разной тематики. В дальнейшем исследователь обращает внимание на несовпадения, аномальные отклонения от найденной зависимости, требующие углубленного анализа, что часто приводит к раскрытию существа взаимосвязей, выявлению их механизма.

Изучение по картам динамики явлений. Сопоставление серий карт позволяет не только изучить взаимосвязи между явлениями, но и выяснить их динамику. Для этой цели используют разновременные карты, т. е. карты, на которых одни и те же явления изображены в разные моменты времени. Каждая такая карта передает состояние изображенного явления на определенный момент времени t_1. Сравнивая ее с

другой картой, где то же самое явление изображено в иной момент времени t_2, можно оценить изменения, происшедшие за промежуток времени:

$$\Delta t = t_2 - t_1. \tag{9.11}$$

Главная цель сравнения разновременных карт состоит в том, чтобы повторно определить состояние и пространственное положение изображенного явления и изучить его динамику и эволюцию. При этом могут быть выявлены самые различные изменения: движения, перемещения и даже замещение одного явления другим, например появление сельскохозяйственных земель на осушенных равнинах. Сопоставляя разновременные карты, можно многое узнать о влиянии человека на природу, об изменениях окружающей среды, вызванных хозяйственной деятельностью, о последствиях, к которым привела эта деятельность. Карты могут рассказать о влиянии распашки земель на появление новых оврагов, об обмелении водоемов вследствие сведения лесов. Изучение изменений, происшедших в ландшафте за длительный период, позволяет правильно планировать использование земель и природоохранные мероприятия.

Карты позволяют количественно оценить эти изменения с помощью приемов картометрии. Так, пространственное перемещение объектов характеризуется приращениями координат ($\pm\Delta x$; $\pm\Delta y$); изменение длин, площадей, объемов и других величин измеряется соответственно приращениями данных величин ($\pm\Delta l$; $\pm\Delta P$; $\pm\Delta Q$). Если карты составлены в одной системе координат, то измерение приращений производится в такой же системе, но если системы координат различны, то такие измерения осложняются. В этом случае целесообразно вести измерения перемещений в относительной системе, например относительно объектов, не изменивших своего положения за данный промежуток времени, таких, как выдающиеся здания (например церкви), межевые и геодезические знаки, некоторые дорожные сооружения и т. п.

Изучая по картам динамику, устанавливают не только величин изменения, но и его направление, оцениваемое вектором. Иногда вычисляют среднюю скорость изменения, которая представляет собой отношение абсолютной величины приращения к промежутку времени Δt. Например, скорость изменения границ (отступания берегов водохранилища) v_t или скорость увеличения площади ареала v_p

$$v_t = \frac{\Delta l}{\Delta t};\ v_p = \frac{\Delta P}{\Delta t}. \tag{9.12}$$

При сравнении двух карт Δt остается величиной постоянной, а средняя скорость изменения прямо пропорциональна абсолютной величине приращения.

Приступая к сравнительному анализу, прежде всего оценивают точность и достоверность сравниваемых карт. Лучше всего сопоставлять карты. Составленный по единым научным принципам, с одинаковой детальностью, в одном или близких масштабах. Во всех случаях при оценке точности карт следует иметь в виду, что величины возможных перемещений должны существенно (не менее чем в 2–3 раза) превосходить ошибки положения контуров на картах. В результате такой оценки выясняется, что одни элементы на разновременных картах могут быть уверенно сопоставлены, а другие не могут быть сопоставлены вовсе, поскольку ошибка их положения на карте соизмерима с величиной возможного перемещения. Например, известно, что отступание береговой линии водохранилища составляет примерно 1–2 м в год. За десять лет берег может отступить на 10–20 м. Ясно, что для выявления таких перемещений нужно воспользоваться крупномасштабными картами (1:10000 и крупнее), где ошибка в нанесении береговой линии значительно меньше ожидаемой величины перемещения. Карты, имеющие масштаб, например 1:100000, непригодны, поскольку предельная графическая точность в этом масштабе составляет 10 м.

Анализ разновременных карт позволяет выявить изменения и движения разного типа: медленные, быстрые, скачкообразные, эпизодические, периодические. Изучение каждого из этих изменений по картам имеет свои особенности.

Медленными изменениями на территории можно считать, например, рост земель под городами, перемещения береговых линий водоемов, изменение речных дельт и т. п. Для надежного выявления медленных изменений и вычисления их направления и скорости необходимо иметь карты достаточно крупного масштаба, разделенные значительным промежутком времени – несколькими десятками и даже сотнями лет. Изучая медленно изменяющиеся явления по картам, разделенным большим промежутком времени, можно установить величину, направление и среднюю скорость перемещений. Во многих случаях картографический анализ для целей мониторинга требует дополнительных исследований в данном районе. Для окончательного выяснения причины изменений необходимы непосредственные наблюдения на местности.

Разновременные карты позволяют изучать многие другие относительно *быстро меняющиеся явления,* например развитие овражных про-

цессов, изменение устройства территории пахотных земель или кварталов городской застройки. Эпизодические и скачкообразные изменения также могут быть изучены при помощи сравнения карт. К таким изменениям относят, в частности, возникновение пашен на месте залежей, появление новых городов, расширение сети дорог, образование водохранилищ и т. д. Обычно эти изменения связаны с замещением одного явления другим, причем легко вычислить площадь или длину новообразования, но практически бесполезно определять его среднюю скорость.

В качестве примера можно указать на использование старинных карт и планов городов, изучение которых позволяет проследить рост населенных пунктов, изменения в типах застройки, в укреплениях, в местоположении выдающихся зданий, крепостей, различных сооружений и т. п. Сравнение карт обнаруживает последовательные этаны развития путей сообщения, изменение административно-территориального деления, структуры земель, сокращение площадей, занятых естественными лесами, появление полезащитных лесных полос.

Обычно, сравнивая разновременные карты и изучая динамику явлений, стараются зафиксировать движения или замещения, т. е. отметить то, что изменилось. Однако с практической точки зрения не менее важно установить явления устойчивые, стабильные, не претерпевшие количественных и качественных изменений за данный промежуток времени. Часто благодаря изучению таких стабильных явлений удается раскрыть причину изменений.

Научное и практическое значение выводов, получаемых путем сравнения разновременных карт в мониторинге земель трудно переоценить. Анализ движения, замещения или стабильности явлений и процессов позволяет проследить всю многостороннюю эволюцию природного ландшафта в целом и социально-экономическое развитие территории. Карты дают возможность достаточно достоверно охарактеризовать изменения количественными показателями. На основе выявленных закономерностей и тенденций может быть составлен обоснованный прогноз дальнейшего развития явления.

Изучение свойств земельных ресурсов предполагает использование *разреза (профиля)* земной поверхности как дополнительного инструмента анализа состояния почвенного покрова, грунтов, ландшафтов на конкретной территории или отдельно взятом участке (включая и застроенную местность).

Уменьшенное изображение вертикального разреза земной

поверхности (профиль) представляет собой графическую модель вертикального сечения верхней части земли (почвы и грунтов), на которой отображаются условия залегания и соотношение почвенного покрова, горных пород различного состава и возраста, формы ландшафтных компонентов, расположенные на поверхности сооружения и другие важные особенности земли.

Почвенный профиль – вертикальный разрез почвы от поверхности до материнской породы, состоящий из почвенных горизонтов и подгоризонтов. Особые различия в строении почвенного профиля составляют основу классификации почв. Разрез местности обычно изображается кривой линией, а профиль строят в виде ломаной линии, и поворотные точки линии представляют собой характерные точки местности, высоты которых определяют либо по карте, либо по измерениям на местности.

Ландшафтный профиль или комплексный профиль – это изображение вертикального разреза ландшафта вдоль проходящей по территории линии или полосы. На ландшафтном профиле показано пространственное расположение компонентов ландшафта и наиболее важные свойства, и связи. Ландшафтный профиль – уменьшенное и обобщенное изображение вертикального разреза местности, которое дает разностороннее представление о структуре этого ландшафта, показывает связи компонентов ландшафта (земляной, растительный покровы и т. п.). Линию профиля обычно выбирают через местность, наиболее разнообразную и характерную для природного комплекса, чтобы не только показать, но и выявить взаимодействие всех компонентов ландшафта.

С помощью построения комплексного профиля возможны изучение основных природных свойств земельных ресурсов, отдельных компонентов природы во взаимосвязи и взаимозависимости морфологических структур ландшафта и оценка через условные единицы как природного потенциала ландшафта, природно-территориального комплекса, так и антропогенной нагрузки на землю.

Особенности оценки состояния земель в системе оценки воздействия на окружающую среду. Анализ результатов мониторинговых наблюдений осуществляется преимущественно через призму экологического состояния земель. Под *экологическим состоянием земель* понимается характеристика общих территориальных, инженерно-планировочных, хозяйственно-эксплуатационных условий использования почвенно-земельных ресурсов как природного тела, средства производства, пространственного базиса обитания человека и размещения материальных объектов с учетом экологических последствий. Эта оценка или ха-

рактеристика может даваться применительно к уже сложившейся на данный момент ситуации в рассматриваемом регионе или применительно к возможному развитию ситуации в будущем. В ряде случаев возможно решение и ретроспективных задач оценки экологической ситуации в земельно-ресурсном отношении.

Отдельные свойства и составляющие компоненты земли (рельеф, почвенный покров, подстилающие горные породы, почвенная влага и грунтовые воды, естественная и культурная растительность, здания, сооружения и коммуникации) выступают основными элементами эколого-экономического анализа состояния территорий, который может проводиться вне или в системе мониторинга всей окружающие среды. Эти компоненты в совокупности определяют *чувствительность* (или податливость) земельных ресурсов к техногенным воздействиям, их *устойчивость.*

Более конкретной процедурой в системе мониторинга является *оценка воздействия на земельные ресурсы* (ОВЗР), под которой понимается система эколого-экономических критериев и методик, позволяющих оценить воздействие различных факторов, объектов, владельцев и пользователей на земельные ресурсы в целом или их отдельные структурные части: участки, категории, виды или группы земель. При этом принимается, что в оценку должны входить и сами техногенные воздействия по видам, интенсивности и их последствия – *изменения в составе, структуре* и *качественном состоянии земель.*

Оценка воздействия на земельные ресурсы может осуществляться в системе оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), которая в общем виде представляет собой систему природоохранных критериев и методик, позволяющих оценить воздействие объекта или конкретного природопользователя на окружающую среду и ее компоненты.

Оценку воздействия на окружающую среду проводят в рамках *планируемой хозяйственной* и *иной деятельности* – деятельности, осуществляемой на стадии проведения предпроектных и проектных работ и направленной на определение видов воздействия на окружающую среду в результате осуществления этой деятельности, а также на определение соответствующих изменений в окружающей среде и прогнозирование ее состояния.

При этом планируемая хозяйственная и иная деятельность рассматривается как строительство, реконструкция, расширение, перевооружение, модернизация, изменение профиля производства, его ликвидация и другая деятельность, которая может оказать воздействие на

окружающую среду.

Работы по оценке проводятся по поручению заказчика проектной или научно-исследовательской организацией (разработчиком) одновременно с разработкой проектной документации и направлены на выявление и принятие необходимых и достаточных мер по предупреждению или минимизации возможного негативного воздействия планируемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду

Оценка воздействия проводится для видов и объектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с перечнем видов и объектов хозяйственной и иной деятельности, для которых оценка воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности обязательна и утверждается Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Для видов и объектов хозяйственной и иной деятельности, не включенных в перечень, для которых не проводится оценка воздействия, заказчик или по его поручению разработчик в составе проектной документации готовит раздел «Охрана окружающей среды», на основании которого им делается вывод о допустимости предполагаемого воздействия на окружающую среду.

По итогам работы составляется *отчет о результатах проведения оценки воздействия на окружающую среду* – составная часть проектной документации, содержащая информацию о целях реализации намечаемого проекта и его альтернативных вариантах. В отчете приводятся сведения о состоянии окружающей среды на территории, где будет реализован проект, о возможных неблагоприятных последствиях реализации проекта для жизни или здоровья граждан и окружающей и мерах по их предотвращению.

Проектная документация с отчетом о результатах проведения оценки воздействия представляется заказчиком на *государственную экологическую экспертизу.* При проведении оценки воздействия заказчик обязан обеспечить использование полной и достоверной исходной информации, средств и методов измерений, расчетов, оценок в соответствии с требованиями нормативных правовых актов Республики Беларусь.

Оценка воздействия организуется и проводится при подготовке предпроектных обоснований инвестиций в строительство и проектов строительства новых, реконструкции, расширения и технического перевооружения действующих хозяйственных или иных объектов и комплексов. При подготовке хозяйственных и иных решений, включающих

разработку нескольких видов обосновывающей документации (обоснование инвестиций, архитектурный проект, строительный проект), оценка воздействия проводится поэтапно с учетом детализации видов, источников и уровней воздействия планируемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду.

Материалы по результатам проведения ОВОС должны содержать:

♦ изложение интересов общественности и отдельных групп, учтенных при разработке предлагаемого к осуществлению проекта;

♦ обоснование принципа размещения объекта и соответствие выбранной и альтернативных площадок схемам регионального развития;

♦ перечень рассмотренных в процессе предпроектного исследования альтернативных вариантов;

♦ перечень экологических ограничений, использованных при разработке проектных решений;

♦ описание результатов проведения оценки воздействия и перечень принятых мероприятий по снижению негативного воздействия, планируемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и контролю за ее состоянием;

♦ программы последующего контроля безопасности производимой продукции.

Процедура оценки воздействия планируемой хозяйственной и иной деятельности включает несколько основных этапов.

1. Сбор и анализ необходимой информации о:

– способах осуществления намечаемой деятельности, включая характеристики предлагаемых технических и технологических решений строительства, эксплуатации и ликвидации (перепрофилирования) объекта, источников сырья и энергии, необходимой производственной инфраструктуры;

– количестве и характеристиках отходов для различных режимов работы;

– состоянии окружающей среды, включая характеристику земель, отводимых в постоянное и временное пользование, описание климатических, геологических и других природных условий, флоры, фауны, рекреационных и особо охраняемых природных территорий и другие экологические характеристики;

– сложившейся социально-экономической структуре в районе размещения объекта.

2. Определение источников, видов и объектов воздействия. интенсивности и длительности этих воздействий (определяется на основе

полученной информации, приведенной выше).

3. Прогнозирование изменения состояния окружающей среды и земель с учетом реализации планируемой хозяйственной и иной деятельности.

4. Оценка экологических и социальных последствий.

5. Анализ и оценка предложений общественности, высказанных в ходе проведения слушаний.

6. Определение способов снижения (предупреждения) отрицательного воздействия на окружающую среду и здоровье населения за счет применения специальных технических средств зашиты, внедрения малоотходных технологических процессов, использования и (или) обезвреживания всех видов отходов, предупреждения аварийных ситуаций и др.

7. Анализ и выбор альтернативных вариантов реализации проекта, формирование новых вариантов.

Оценка воздействия проводится на основе имеющейся информации, а также по результатам сравнительного анализа, экспертных оценок, анализа предыдущего опыта и др. На последующих стадиях проектирования результаты оценки воздействия уточняются с учетом полученной в ходе проектно-изыскательских работ информации, а также характеристик используемого оборудования, технологических процессов и т. п.

В системе ОВОС используется ряд основных методов.

Метод экспертных оценок. Широкое распространение получили экспертные оценки на основе балльных шкал, основанные на квалифицированном анализе результатов экологических исследований. Они используются применительно к сложным системам, для которых получение прямых количественных характеристик затруднено из-за отсутствия методик расчетов.

Работа экспертов начинается с определения иерархической системы признаков, на основании которой производится оценка устойчивости системы, т. е. с установления оценок значимости и выраженности признаков. Затем одним из способов статистического анализа оценивается согласованность результатов работы экспертов. При удовлетворительном сходстве интегральных показателей средние балльные характеристики объекта переносятся в базу данных, реализуемую в данном проекте. Оценка устойчивости структурных частей геосистемы требует предварительного определения существующего уровня техногенной нагрузки. С этой целью производится полная инвентаризация источников и видов воздействия и расчет их «рейтинговых оценок» по

специальной программе.

Главное преимущество этого метода состоит в том, что он может быть легко использован и подготовлен, так как состоит главным образом из утверждения списка требуемых баз данных без выделения определенных воздействий на параметры окружающей среды, которые могут быть вызваны данным проектом. Этот метод призван определить основную идею в нахождении альтернатив для предложенного проекта. К недостаткам данного метода относится неточное определение всей совокупности воздействий, не совсем четкая последовательность их определения, субъективность оценок, не снимаемая даже большим числом экспертов, ибо увеличение количества экспертных мнений может повысить объективность оценок только при гарантии независимости отдельных мнений.

Метод списков. Является наиболее простым методом выявления потенциально значимых воздействий. Сущность метода заключается в составлении и анализе списка компонентов окружающей среды с задачей выделения тех из них, которые окажутся уязвимыми при реализации проекта. Выявляются следующие категории списков:

– простые (списки природных параметров без наличия методических рекомендаций по их измерению или интерпретации);

– описательные (включают определенные природные параметры и методические рекомендации по их измерению);

– масштабные (похожи на описательные списки, но дополняются информацией, основанной на субъективно определенной величине ущерба);

– масштабно взвешенные (масштабные списки с информацией, но субъективной оценке каждого параметра в отношении другого параметра);

– вопросник (составляется из серии связанных вопросов по воздействиям проекта и выполняется в рамках проведения процедуры ОВЗР).

Разнообразие списков и возможностей их использования является основным источником трудностей, связанных с их применением. Наиболее простые формы списков являются жесткими, т. е. ограничиваются исследованием только тех элементов, которые в них содержатся. Если они используются для анализа определенного проекта и составлены специально для него, эта проблема может быть частично снята.

Сложные списки являются более дорогостоящими с точки зрения проведения процедуры ОВЗР. Более того, их эффективное использование возможно только для экспертов-профессионалов, в то время как для

не экспертов они могут оказаться трудными для понимания, а результаты, получаемые в процессе их использования, сомнительными. Достоинство метода – его простота, недостатки – трудности учета непрямых воздействий, возникающих на разных стадиях или в связи с разными аспектами осуществления проекта.

Матрицы. Суть метода состоит в определении причинно-следственных связей между возможными направлениями воздействия и параметрами окружающей среды.

Простая матрица является двумерной, по вертикали представляется перечень параметров окружающей среды, а по горизонтали – направления воздействия проекта. Таким образом, в клетках матрицы обозначается собственно факт взаимодействия.

Количественные матрицы с весовыми коэффициентами являются модификацией простой матрицы с использованием балльных оценок взаимодействий по некоторой шкале. Наряду со списками матрицы являются основой экспертного знания и при этом требуют небольшого объема информации.

Недостатком этого метода является то, что он не дает достаточно объективных критериев в процессе принятия решений. Он имеет ограниченное использование при мониторинге воздействий. Кроме того, все взаимодействия и зависимости представляются матрицей равнозначными. При наличии эффектов отдаленных и вторичных последствий такое свойство может обусловить получение результата, прямо противоположного реальному.

Матрицы помогают выявлять значимые воздействия более системно, чем списки. С их помощью легче учитывать опыт предыдущих проектов. Более того, матрицы могут указать не только на возможные значимые изменения в окружающей среде, но и на те элементы проекта, которые могут привести к серьезным экологическим воздействиям, а значит, возможно, нуждаются в альтернативной проработке.

Для более систематического выявления непрямых воздействий применяются так называемые «пошаговые» матрицы или матрицы второго порядка. В таких матрицах выявленное воздействие па компоненты окружающей среды используется для предсказания «непрямых» воздействий (второго порядка). Например, воздействие на почвы может отразиться на флоре и фауне.

Недостатком матриц, как и списков, является качественный и субъективный характер суждений, а также неприспособленность обоих методов к выявлению непрямых, опосредованных воздействий. Более

того, матрицы, содержащие очень большое количество столбцов и колонок, трудны для применения.

Картографические методы. Мощным средством осуществления ОВЗР является картографическое моделирование. В этом методе эффективно сочетаются содержательно-географические аспекты использования земель, наглядность в представлениях изучаемого объекта в картографическом материале и возможность комплексного анализа основных закономерностей структуры и процессов функционирования сложных геосистем.

В методах картографического моделирования используются предметно-ориентированный картографический материал, данные наблюдений, результаты прогностических расчетов с помощью математических моделей, а также обобщенные материалы экспертных оценок предметных специалистов. Синтезированная таким образом информация может быть представлена в виде тематических карт в традиционном виде или на автоматизированных картографических системах, функционирующих на базе фондов цифровых данных.

В методе экологического картирования используются карты-схемы современного состояния компонентов природной среды и аналитические (оценочные) карты-схемы, характеризующие интенсивность регионального природопользования по различным направлениям. Методика разработки аналитических карт-схем предусматривает их периодическую корректировку и уточнение в соответствии с реальной обстановкой и изменением планов регионального развития.

Несомненным достоинством метода экологического картирования является использование комплексного подхода к решению конкретных задач на различном территориальном уровне. При этом исследуемая территория разбивается на географические «ячейки», выделяемые по координатной сетке с учетом топографических особенностей местности. Для проведения ОВЗР используются аэрофотоснимки, топографические карты и материалы государственного земельного кадастра, полевые наблюдения, а также результаты общественных обсуждений, экспертные опенки специалистов и методы случайной выборки. По каждому интересующему фактору составляется отдельная карта анализируемой территории. Для анализа рекомендуется использовать не более 10 карт. Проведение процедуры ОВЗР заключается в совмещении ячеек отдельных карт последовательно или в определенном сочетании и анализе на качественном уровне агрегированного воздействия результатов реализации обсуждаемого проекта. Объективность метода определяется

достоверностью исходной картографической основы и квалификацией экспертов, выполняющих ОВЗР.

Суть метода состоит в представлении информации в виде схем, планов или диаграмм, которые затем в заданной экспертом последовательности накладываются друг на друга. Главное достоинство метода заключается в наглядности представления информации о пространственном распределении объектов и источников воздействия, что позволяет прогнозировать возможные последствия от реализации крупных региональных проектов.

Этот метод преимущественно используется для определения и демонстрации масштабов распространения воздействия, наиболее полезен при оценке альтернативных вариантов размещения линейных объектов (нефтепроводов, автодорог и пр.), позволяя выявлять узлы наложения различных воздействий.

Проблемы, возникающие при использовании этого метода, состоят в сложности определения границ и неоднородности воздействии. Размытость природных границ, не учитываемая на картах, иногда может привести к смещенности оценки ситуации в двух рядом лежащих природных выделах. Кроме того, при изображении данных на карте значительный объем детальной информации может быть потерян и не использован в процессе оценки.

Сети. Для определения воздействий второго, третьего и последующих порядков был разработан сетевой метод. Сеть, по существу, является диаграммой, представленной в виде последовательности матриц. Таким образом, сетям присущи достоинства и недостатки метода матриц, за исключением возможности учета отдаленных последствий, не распознаваемых методом матриц.

Сети (рис. 9.1) отражают взаимодействия в экологических системах и позволяют выявить непрямые воздействия намечаемой деятельности.

Недостатком метода является «разрастание» сети на каждом шаге, так как алгоритмически невозможно отсечение малозначащих ветвей сети.

Метод Бателле. Данный метод основан на анализе четырех основных категорий факторов (сфер): экологической, физико-химической, сферы чувственного восприятия, сферы человеческой деятельности – социума. Для каждого фактора в методе Бателле был разработан индекс качества окружающей среды, ранжированный от 0 до 1 по методу значимой функции.

Каждый фактор – индикатор воздействия – задается как разность

между существующим на момент оценки состоянием окружающей среды и ее состоянием после реализации воздействия. В классификации факторов окружающей среды каждому из них присваиваются относительные веса. Принятый подход позволяет использовать количественную оценку или «численное взвешивание» факторов для прогноза уровней воздействия и определить разницу изменений в объектах и компонентах среды при реализации альтернативных вариантов рассматриваемых проектов.

Рис. 9.1. Выявление воздействий на окружающую среду при помощи сети

Использование этого метола для целей ОВОС предусматривает систематические исследования окружающей среды, предоставляющие достоверную статистическую информацию, и наличие единой методики составления заявлений о предполагаемом воздействии при рассмотрении проектов. Перечисленные требования являются главными составляющими надежности и достоверности метол. Анализ выполняемости главных требований показывает и недостатки метода. Исходная информация для ОВОС является ретроспективной, а придание

количественных значений весам по некоторым из показателей воздействия носит в достаточной мере субъективный характер, например, при прогнозировании социальной реакции различных групп населения

Имитационные модели. Подготовлена информационная и методическая основа для следующего шага в развитии практики оценки, прогнозирования и принятия решений с использованием имитационных моделей. Имитационное моделирование как альтернатива классическому математическому моделированию сочетает традиционные математические методы с алгоритмизацией по существу всех описанных качественных методов. Современные имитационные модели основываются на потоковых диаграммах массоэнергообмена с активным использованием (при построении структуры моделей) достижений сетевых методов. Количественные оценки интенсивности потоков позволяют корректно отбраковывать малозначительные связи. Достоверность прогноза зависит от правильного выбора и учета всех значимых факторов негативного воздействия и адекватной оценки реакции биосферного компонента – объекта воздействия. Формально математические модели в значительной мере упрощают реальные процессы. Для их реализации в системе оценки и прогнозирования необходимо учитывать многофакторность реальных процессов. В общем виде многопараметрическая оптимизация заключается в проигрывании вариантов, в каждом из которых поочередно в качестве критерия оптимизации принимаются различные значащие факторы.

Достоинство такого подхода реализуется в создании автоматизированных экспертных систем, позволяющих проводить ОВОС новых проектов, аналоги которых уже имеются в памяти системы. Главный недостаток заключается в отсутствии механизма выявления нестандартных проблем, связанных с необходимостью разрешения противоречий при взаимодействии противоположных интересов и предотвращения конфликтных ситуаций. В то же время отмеченный недостаток в какой-то степени может быть устранен, если автоматизированная система строится по адаптивному принципу и функционирует в диалоговом режиме с экспертом (группой экспертов) и разработчиком ОВОС.

Установление предельно допустимых вредных воздействий на земельные ресурсы и другие экосистемы предполагает разработку количественных методов оценки устойчивости, что является методически сложной задачей. Расчетные методы определения численных значений этого параметра ограничены.

Органы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей

среды Республики Беларусь выдают экологические условия на проектирование и рассматривают отчет по результатам проведения оценки воздействия и на его основании, а также на основании других материалов готовят заключение государственной экологической экспертизы по проекту планируемой хозяйственной и иной деятельности. Местные исполнительные и распорядительные органы при подготовке и принятии ими решения о возможной реализации проекта планируемой хозяйственной и иной деятельности учитывают результаты проведения оценки воздействия на окружающую среду этой деятельности.

При заинтересованности граждан или общественных организаций (объединений) в принятии участия в подготовке и обсуждении материалов оценки воздействия на окружающую среду заказчик предоставляет заинтересованным гражданам или общественным организациям необходимую информацию и обеспечивает их участие в подготовке и обсуждении материалов оценки воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности.

Общественные слушания могут проводиться путем публикации в средствах массовой информации проектных и иных предложений о планируемой хозяйственной и иной деятельности или их обсуждении на собраниях граждан и (или) общественных организаций (объединений). Результаты общественных слушаний оформляются в виде протокола согласования с общественностью, который прилагается к материалам оценки воздействия.

Предметом таких слушаний является информация о применяемых методах анализа и прогноза воздействия планируемой хозяйственной и иной деятельности на состояние земель и окружающей среды, достоверности представленных результатов оценки воздействия и достаточности предлагаемых мер по предотвращению неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

Определен перечень объектов хозяйственной и иной деятельности, при размещении которых оценка воздействия па окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности проводится в обязательном порядке. К ним, в частности, относятся земельные участки, на которых размещаются:

♦ тепловые электростанции и другие установки для сжигания топлива мощностью 300 мегаватт или более, а также атомные электростанции и другие сооружения с ядерными реакторами;

♦ золоотвалы тепловых электростанций и котельных с объемом золы 100 тыс. $м^3$ в год и более;

♦ крупные плотины высотой 15 м и более, водохранилища с площадью поверхности 2 км^2 и более;

♦ нефтеперерабатывающие заводы и установки для газификации и сжижения угля или битуминозных сланцев производительностью 500 т в сутки и более;

♦ объекты металлургии (черная и цветная), химической промышленности всех видов, биохимического, биотехнического и фармацевтического производства;

♦ предприятия по производству целлюлозы и бумаги, строительных материалов (цемент, известь, стекло, асбест и асбестосодержащие продукты), объекты кожевенного производства и текстильной промышленности;

♦ предприятия по добыче полезных ископаемых, нерудных материалов для их реализации, промышленного или другого использования, если общая площадь составляет более 50 га или общий объем извлекаемой массы более 500 тыс. м^3 в год;

♦ объекты, связанные с обезвреживанием, размещением, использованием отходов производства и потребления (включая и радиоактивные);

♦ объекты строительства автомагистралей, скоростных дорог, трасс для магистральных железных дорог дальнего сообщения и аэропортам с основной взлетно-посадочной полосой длиной 1500 м и более, нефте- и газопроводов с трубами диаметром 600 мм и более;

♦ комплексы по выращиванию и откорму более 12 тыс. свиней в год, более 2 тыс. голов крупного рогатого скота в год и птицеводческих хозяйств мощностью свыше 400 тыс. кур-несушек и свыше 3 млн бройлеров в год;

♦ складские объекты, предназначенные для хранения 50000 м^3 и более нефти, нефтехимической продукции и химических продуктов, подземные хранилища газа;

♦ объекты, связанные с производством, хранением, транспортировкой и уничтожением боеприпасов, взрывчатых веществ и ракетного топлива;

♦ групповые водозаборы подземных вод производительностью 30 тыс. м^3 в сутки и более;

♦ сооружения по очистке промышленных и коммунальных сточных вод с годовым объемом сточных вод более 5 % от объема стока бассейна-водоприемника.

♦ объекты хозяйственной и иной деятельности, расположенные на

особо охраняемых природных территориях, эксплуатация которых не связана с режимом этих территорий.

Перечень или набор объектов мониторинга, для которых могут использоваться данные ОВОС, определяется в каждом отдельном случае с учетом свойств и особенностей изучаемой территории.

ЛЕКЦИЯ 10
ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Переход России к рыночным условиям хозяйствования осуществляется с целью формирования более эффективной экономической и информационной среды. Однако проводимые преобразования не привели к ожидаемым результатам, особенно в сфере земельных отношений. Во многом это объясняется отсутствием четкой системы мер по формированию такой экономической среды, которая была бы благоприятна для повышения эффективности использования земли во всех отраслях народного хозяйства и на всех административно-территориальных уровнях.

Принятие управленческих решений может отразиться на конечных результатах экономического развития страны. Поэтому необходимо иметь постоянно обновляемые сведения о количественном и качественном состоянии земельного фонда страны, прогнозировать на их основе динамику земельных ресурсов, уметь обосновать тот или иной вариант развития землепользования.

Без эффективно функционирующей системы государственного мониторинга земель невозможно проводить осмысленную государственную земельную и информационную политику, что, в свою очередь, значительно сдерживает реализацию экономического потенциала земельных ресурсов регионов.

Для детального анализа эффективности государственного мониторинга земель регионов необходимо осуществить сбор информации не только экономических показателей, а также социальных, правовых и экологических, используя различные источники информации. Сложность анализа системы управления земельными ресурсами и государственного мониторинга земель обуславливает необходимость применения различных приемов и методов исследования.

Решение данной проблемы особенно важно и для развития землеустроительной науки в целом, так как исследование состояния

государственного мониторинга земель, его роли в информационном обеспечении государственного управления земельными ресурсами и выявления его эффективности, позволяют прогнозировать земельно-кадастровые и землеустроительные действия.

В 1970 году ЮНЕСКО была принята Международная научно-исследовательская программа «Человек и биосфера» (Man and biosphere), цель которой – организация в различных регионах мира комплексных многолетних наблюдений за последствиями воздействия человека на естественные процессы в биосфере и изучение обратного влияния этих процессов на самого человека. Эта программа существует и плодотворно работает и в настоящее время. В 1972 году в Стокгольме проходила конференция ООН по окружающей среде, на которой были разработаны основные подходы по реализации данной программы, в т.ч. была создана Программа ООН по окружающей среде, т.н. ЮНЕП (United Nations Environment Program). Там же впервые было предложено использовать термин «мониторинг» применительно к решению экологических проблем, а также создать Глобальную систему мониторинга окружающей среды (ГСМОС), которая должна разрабатываться по линии ЮНЕП. Основные положения этой системы были сформулированы в 1975 году. Основная задача ГСМОС – раннее предупреждение наступающих естественных или антропогенных изменений состояния окружающей природной среды, которые могут причинить вред человеку. На Стокгольмской конференции (1972 г.) было предложено первое определение понятия «мониторинг», которое звучало как: «система повторных наблюдений элементов окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями, и в соответствии с заранее подготовленными программами».

В последующие годы в разных странах, в т. ч. в России, это понятие уточнялось, но смысл его оставался принципиально тем же. На сегодняшний день в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды» от 31.03.2003 г. № 177 под государственным мониторингом окружающей среды понимается: «комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов».

В Положении о единой государственной системе экологического мониторинга (ЕГСЭМ), утвержденном приказом Министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации от

9 февраля 1995 года №49, определены территориально-ведомственные принципы построения ЕГСЭМ, предусматривающие максимальное использование существующих государственных и ведомственных систем мониторинга состояния окружающей природной среды, источников антропогенного воздействия, природных ресурсов, экосистем.

При этом в ЕГСЭМ были выделены базовые и специализированные подсистемы мониторинга и подсистемы обеспечения функционирования системы в целом.

Базовые подсистемы создаются на основе служб наблюдения состояния природных сред и природных ресурсов федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих мониторинг:

– состояния атмосферы;

– водных объектов: поверхностных вод, суши, морской среды, водной среды, водохозяйственных систем и сооружений в местах водозабора и сброса сточных вод, подземных вод;

– недр (геологической среды), опасных экзогенных и эндогенных геологических процессов;

– земель, почвенного покрова;

– наземной флоры и фауны (кроме лесов);

– лесов;

– фонового состояния окружающей природной среды;

– источников антропогенного воздействия.

Специализированные подсистемы функционируют на базе служб наблюдений федеральных органов исполнительной власти и осуществляют мониторинг:

– промышленной безопасности;

– рыб, других водных животных и растений;

– воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения (в рамках системы социально – гигиенического мониторинга);

– околоземного космического пространства;

– военных объектов.

Помимо указанных, в ЕГСЭМ также выделены следующие подсистемы обеспечения:

– топографо-геодезическое и картографическое обеспечение, включая создание цифровых, электронных карт и геоинформационных систем;

– электронные системы передачи данных.

31 марта 2003 года вышло постановление Правительства Российской Федерации № 177, которым было утверждено Положение об

организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга).

Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 июля 1992 г. № 491 было утверждено Положение о мониторинге земель в Российской Федерации, в котором мониторинг земель обозначен, как составная часть мониторинга окружающей среды.

Само понятие мониторинга земель в российское законодательство было введено статьей 109 Земельного кодекса РСФСР и означало: «Мониторинг земель представляет собой систему наблюдения за состоянием земельного фонда для своевременного выявления изменений, их оценки, предупреждения и устранения последствий негативных процессов».

В целях обеспечения реализации Положения о мониторинге земель 5 февраля 1993 г. Совет Министров - Правительство Российской Федерации принял постановление за № 100 «О государственной программе мониторинга земель Российской федерации на 1993–1995 годы».

Основными задачами мониторинга земель в 1993–1995 годах ставились:

– формирование нормативно-правовой и научно-методической базы мониторинга земель;

– ландшафтно-экологическое районирование территории Российской федерации с выделением ареалов основных негативных процессов по видам и степени их воздействия на состояние земель;

–формирование информационной базы мониторинга земель;

– совершенствование существующих и внедрение новых методов, технических средств и технологий мониторинга земель;

– формирование организационных структур мониторинга земель.

Предполагалось, что в результате выполнения Государственной программы мониторинга земель будет создана информационная база данных о состоянии земельного фонда, что позволило бы обоснованно судить о степени суммарного воздействия негативных процессов и явлений на землю, вскрывать закономерности в развитии и своевременно проводить диагностику и оценку этих процессов и явлений, разрабатывать меры по предупреждению и устранению последствий негативных влияний техногенного и природного характера, на более высоком качественном уровне осуществлять контроль за состоянием земель, их использованием и охраной.

Однако, из-за недостаточного финансирования (на осуществление мероприятий по данной Программе в среднем в течение 3-х лет было

выделено всего около 10 % от требуемых ассигнований из федерального бюджета) и ряда других причин (несформулированность содержательной стороны мониторинга земель, отсутствие перечня обязательных параметров, фиксируемых на федеральном, региональном и локальном уровнях и т. д.) Госпрограмма была выполнена не полностью.

Наибольшие результаты были достигнуты в обеспечении земельных комитетов геодезическими приборами и оборудованием. За короткий срок были разработаны и поставлены в земельные комитеты более 2000 электронных тахеометров, более 200 комплектов спутниковой геодезической аппаратуры, большое количество мобильных автоматизированных комплексов МАК «Землемер», ЗИС, цветных картографических сканеров и т.п.

Очередной этап развития мониторинга земель связан с принятием 25 октября 2001 года нового Земельного кодекса Российской Федерации. Статья 67 данного Кодекса определяет, что мониторинг земель является государственным и представляет собой систему наблюдений за состоянием земель. Фактическое содержание государственного мониторинга земель (ГМЗ) раскрывается во втором пункте данной статьи в виде следующих задач ГМЗ:

1) своевременное выявление изменений состояния земель, оценка этих изменений, прогноз и выработка рекомендаций о предупреждении и об устранении последствий негативных процессов;

2) информационное обеспечение ведения государственного земельного кадастра, государственного земельного контроля за использованием и охраной земель, иных функций государственного и муниципального управления земельными ресурсами, а также землеустройства;

3) обеспечение граждан информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель.

В соответствии с Земельным кодексом Российской Федерации Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 ноября 2002 г. № 846 было утверждено Положение об осуществлении государственного мониторинга земель, которое определило, что мониторинг включает в себя:

а) сбор информации о состоянии земель в Российской Федерации, ее обработку и хранение;

б) непрерывное наблюдение за использованием земель исходя из их целевого назначения и разрешенного использования;

в) анализ и оценку качественного состояния земель с учетом воздействия природных и антропогенных факторов.

Таким образом, на современном этапе государственный мониторинг земель можно рассматривать как состоящий из трех основных компонент:

– мониторинг использования земель, по результатам проведения которого устанавливается соответствие фактического использования целевому назначению и разрешённому использованию земельных участков, а также соблюдение установленных ограничений и обременений;

– мониторинг состояния земель, по результатам проведения которого выявляются изменения состояния земель всех категорий, обусловленные воздействием природных и антропогенных негативных процессов: подтопления и затопления, переувлажнения, заболачивания, эрозии, засоления, нарушенности, опустынивания земель, зарастания сельскохозяйственных угодий кустарником и мелколесьем, загрязнения земель токсичными веществами, захламления промышленными и бытовыми отходами, вырубка и гари на землях лесного фонда, карст, сели, землетрясения и другие процессы и явления;

– мониторинг правового режима земель.

В целях получения информации о количественном и качественном состоянии земель в соответствии с ФЗ «О землеустройстве» осуществляются:

– геодезические и картографические работы;

– почвенные, геоботанические и другие обследования и изыскания;

– оценка качества земель;

– инвентаризация земель.

Результаты изучения состояния земель фиксируются в учетных формах (базах данных) ГМЗ, а происходящие изменения отслеживаются по мере получения информации.

Собираемая в ходе ГМЗ информация о состоянии и использовании земель различных категорий позволяет государству, как крупнейшему собственнику земли, эффективно выполнять функции государственного управления земельными ресурсами страны.

Государственная система мониторинга земель – это система наблюдений, сбора, обработки, передачи, сохранения и анализа информации о состоянии земель, прогнозировании его изменений, разработки научно-обоснованных рекомендаций для принятия решений о предупреждении негативных изменений состояния земель и осуществления требований экологической безопасности.

Система государственного мониторинга земель – это открытая информационная система, приоритетами функционирования которой

являются: защита жизненно важных интересов человека и общества; сохранение природных экосистем; предотвращение кризисных изменений состояния земель и предупреждение чрезвычайных экологических ситуаций в землепользовании.

Государственный мониторинг земель (в соответствии с Постановлением № 846 от 28.11.2002 г. «Об осуществлении государственного мониторинга земель») является частью государственного мониторинга окружающей среды, под которым (в соответствии с Постановлением № 177 от 31.03.2003 г. «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды») понимается комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Для каждого из видов отраслевых мониторингов компонентов окружающей среды законодательством Российской Федерации определяются соответствующие цели, задачи, устанавливается свой Порядок ведения.

Государственный мониторинг земель осуществляется Федеральным агентством кадастра объектов недвижимости, на которое возложено регулирование всей деятельности в сфере государственного мониторинга земель (Постановление Правительства Российской Федерации от 28 ноября 2002 г. № 846, пункт 5), во взаимодействии с Минприродой России, Минсельхозом России, другими федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления. Это связано с тем, что Правительство Российской Федерации постановлением от 28 ноября 2002 г. № 846 (далее «Положение») не определило другие федеральные органы, уполномоченные на осуществление данного рода деятельности, так как в Положении поименован только один федеральный государственный орган (Росземкадастр, ныне – Роснедвижимость), чьи функции по сбору, обработке данных, полученных в ходе проведения мониторинга, а также подготовка прогнозов и рекомендаций, касающихся особо опасных явлений и процессов, связанных с состоянием земель, подготовка Государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель в Российской Федерации однозначно определены.

Несмотря на определенную степень проработанности теоретических и методологических аспектов мониторинга земель, практическое осуществление его в рамках производственной деятельности уполномоченных органов не получило должного развития. Это обусловлено тем, что

мониторинговые наблюдения являются, с одной стороны достаточно дорогостоящими, с другой - наукоемкими, не дающими сиюминутную отдачу. Определенную роль играют трудности организационного характера, в том числе и межведомственные отношения.

Отсюда следует, что важнейшей составляющей регулирования деятельности в сфере ведения государственного мониторинга земель является создание отлаженного механизма взаимодействия при его осуществлении как на федеральном, так на региональном и местном уровнях.

Целью государственного мониторинга земель является систематическое изучение состоянии земель для обоснования управленческих решений в сфере рационального использования и охраны земель, сохранения природных систем, повышения качества жизни, улучшения здоровья населения, обеспечения экологической безопасности.

При проведении мониторинга решаются следующие задачи:

а) своевременное выявление изменений состояния земель, оценка этих изменений, прогноз и выработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий негативных процессов;

б) своевременное выявление несоответствия фактического использования земельных участков их целевому назначению и разрешенному использованию;

в) информационное обеспечение деятельности по ведению государственного земельного кадастра, осуществлению государственного земельного контроля, землеустройства, иных функций в области государственного и муниципального управления земельными ресурсами;

г) обеспечение органов государственной власти, местного самоуправления, юридических лиц и граждан информацией о состоянии земель.

Система государственного мониторинга земель основывается на использовании существующих государственных и муниципальных организационных структур и функционирует на основе единого нормативного, организационного методологического и метрологического обеспечения.

Организационная интеграция субъектов системы государственного мониторинга земель на всех уровнях осуществляется на основе национальной, региональных и местных программ государственного мониторинга земель, разрабатываемых и реализуемых в установленном порядке.

Общими принципами организации работ государственного

мониторинга земель являются:

– единство и согласованность нормативно-правового и организационно-методического обеспечения;

– совместимость технического, информационного и программного обеспечения составных частей ГМЗ;

– системность наблюдений за состоянием земель;

– совместимость данных, основанная на применении единых классификаторов, кодов, стандартных форматов данных нормативно-технической базы, систем координат;

– своевременность получения, комплексности обработки и использования мониторинговой информации;

– объективность первичной, аналитической и прогнозной информации;

– оперативность доведения информации до органов государственной власти, местного самоуправления, общественных организаций, средств массовой информации, населения страны.

Методологическое обеспечение объединения составных частей и компонентов системы мониторинга осуществляется на основе: единой научно-методической базы измерения параметров и определения показателей состояния земель; внедрения унифицированных методов анализа и прогнозирования особенностей состояния земель, компьютеризации процессов деятельности и информационных коммуникаций; общих правил создания и ведения распределенных баз и банков данных, картографирования земельной информации, стандартных технологий использования геоинформационных систем.

Субъекты государственной системы мониторинга, а также органы местного самоуправления, предприятия, учреждения и организации независимо от их подчиненности и форм собственности обязаны осуществлять: разработку и согласование с органами Роснедвижимости планов осуществления мероприятий с целью наблюдения за состоянием использования земель, предотвращения экологически небезопасной социальной и хозяйственной деятельности в использовании земель; защиту от повреждения и несанкционированного использования зарегистрированных в системе мониторинга полигонов, пунктов и постов наблюдения за состоянием земель.

Органы Роснедвижимости предоставляют всем заинтересованным субъектам права, участвующим в системе мониторинга информацию о состоянии и использовании земельного фонда. Права владения, пользования и распоряжения информацией, полученной во время выполнения

федеральной, региональных и местных программ мониторинга земель, регламентируются законодательством.

Роснедвижимость и ее территориальные органы осуществляют оперативное управление информацией, полученной на всех уровнях функционирования системы мониторинга земель.

В системе государственного мониторинга земель следует выделить следующие его подсистемы:

а) мониторинг использования земель – наблюдения за динамикой целевого назначения, разрешенного использования земельных участков, установленных ограничений и обременений, по результатам проведения которого устанавливается соответствие фактического использования целевому назначению и разрешённому использованию земельных участков, а также соблюдение установленных ограничений и обременений;

б) мониторинг состояния земель – наблюдения за изменением плодородия земель сельскохозяйственного назначения, мелиоративного и экологического состояния, другими процессами, вследствие действия природных и антропогенных факторов. По результатам проведения мониторинга выявляются количественные и качественные изменения состояния земель всех категорий, обусловленные воздействием природных и антропогенных негативных процессов;

в) мониторинг границ – наблюдения за изменением границ территориальных образований, территориальных зон, земельных участков.

Мониторинг состояния земель может быть осуществлен на основе сведений, предоставляемых Роснедвижимости другими министерствами и ведомствами, на которые законодательно возложена задача получения сведений о состоянии окружающей природной среды. В условиях недостаточного финансирования ГМЗ этот подход представляется выгодным.

Однако отсутствие утвержденного регламента предоставления таких данных и (или) отсутствие актуальной информации о состоянии земель в ведомствах осложняет применение этого подхода. Кроме того, перечень обязательных потребителей информации, полученной в результате проведения мониторинга, также является открытым.

Систему мониторинга земель и государственного земельного кадастра следует рассматривать в тесной взаимосвязи, так как, с одной стороны, ГМЗ является информационной основой ведения ГЗК, с другой стороны, сведения ГЗК являются основой, на которую должны накладываться сведения мониторинга земель.

В настоящее время сведения мониторинга земель должны восполнять тот пробел, который возник при переходе в 2000 г. от «старой» к «новой» технологии ведения ГЗК. В соответствии с 1 ст. ФЗ «О государственном земельном кадастре» к сведениям ГЗК относятся те, что получены в результате государственного кадастрового учета земельных участков (ГК ЗУ). Технология же ГК ЗУ не предусматривает получение всех необходимых государству сведений о земельном фонде РФ, так как:

а) в документах ГЗК имеется только информация о местоположении, границах земельного участка (и частей участка), но не содержится информация о видах (подвидах) земельных угодий, о загрязнении земель;

б) учету подлежат только вновь образованные земельные участки, а сведения о ранее учтенных по старой технологии земельных участках не содержат даже сведений о местоположении границ земельного участка.

Таким образом, в настоящее время стоит задача средствами государственного мониторинга земель сформировать первичную базу сведений и состоянии, и использовании земель в интересах государственного управления земельными ресурсами, включая государственные земельный кадастр и земельный контроль. Длительность выполнения этой задачи зависит от финансового, технического и кадрового обеспечения мониторинга земель. При оптимальных условиях этот период может составить 3–4 года. В дальнейшем задачи мониторинга должны быть сведены к ведению периодического оперативного мониторинга земель.

Для реализации указанных выше задач государственный мониторинг земель должен осуществляться в следующей последовательности:

1) проведение систематических аэрокосмических и наземных съемок;

2) инвентаризация и анализ фондовых материалов;

3) создание системы полигонов, выбор ключевых участков и маршрутов наблюдений;

4) организация базовых, периодических и оперативных наблюдений.

Систематизация и обработка результатов мониторинга земель должны быть положены в основу пространственно-временного прогноза изменений состояния и использования земель. Также основной задачей хранения, систематизации, оперативной обработки и выдачи информации является организация оперативного предупреждения органов управления и контроля за состоянием и использованием земель, а также граждан, о негативных изменениях состояния и использования земель.

При осуществлении ГМЗ на первом месте стоит задача своевременного выявления изменения состояния земель, оценки этих изменений, прогноза и выработки рекомендаций по предупреждению и устранению негативных процессов. Для решения данной задачи используются разнообразные методы и приёмы получения, обработки и интерпретации данных, основанные на достижениях современных высоких технологий и существующих теоретических разработках (методы математического моделирования и пр.), а также используются данные съемок и обследований других ведомств.

В ходе мониторинга земель вся информация собирается либо для выявления изменений использования и состояния земель (для чего необходимо установить изменение границ существующего ареала распространения негативного явления или выявить появление нового ареала), либо для изучения состояния земель (в этом случае необходимо существенно больше, чем в первом случае, информации, которая должна характеризовать исследуемый негативный процесс).

По результатам анализа состояния и использования земель должны составляться оперативные сводки, доклады, научные прогнозы и рекомендации, сопровождающиеся тематическими картами, диаграммами, таблицами, характеризующими динамику и направления развития изменений состояния и использования земель.

Субъектами государственного мониторинга земель являются Роснедвижимость и его территориальные органы в субъектах РФ и муниципальных образованиях.

Объектом государственного мониторинга земель являются все земли в границах Российской Федерации.

Единицами ГМЗ являются земельные участки (совокупность земельных участков) или территории с особым режимом использования, выделенные при проведении мониторинга на федеральном, региональном и локальном уровнях.

Основные требования к описанию единицы мониторинга, следующие:

– унифицированность описания по содержанию сведений (показателей) и представление в единых графических и табличных формах;

– однозначная идентификация объектов;

– обязательность учета характеристик объекта, влияющих на изменение экологической ситуации или снижение эффективности использования земель.

В соответствии с пунктом 7 Положения об осуществлении

государственного мониторинга земель (далее Положение) получение информации при осуществлении мониторинга может производиться с использованием:

а) материалов дистанционного зондирования (съемки и наблюдения с космических аппаратов, самолетов, с помощью средств малой авиации и других летательных аппаратов);

б) сети постоянно действующих полигонов, эталонных стационарных и иных участков, межевых знаков и т.п.;

в) наземных съемок, наблюдений и обследований (сплошных и выборочных);

г) ведомственных фондов данных.

Сбор информации государственного мониторинга земель должен проводиться на основе единой системы показателей состояния и использования земель (ЕСП ГМЗ) на федеральном, региональном и локальном уровнях. ЕСП ГМЗ устанавливает минимально необходимый перечень объектов (земель) и их характеристик, необходимых для осуществления государственного мониторинга земель, и является основой для разработки методических и нормативно-технических документов Роснедвижимости.

Показатели государственного мониторинга земель (ГМЗ) следует разделить на две группы:

1) единая система показателей государственного мониторинга земель (ЕСП ГМЗ). Это общие показатели, которые являются едиными для всех его уровней: федерального, регионального и локального;

2) частные показатели, собираемые дополнительно на региональном и локальном уровнях.

Общие показатели различаются по уровням ГМЗ степенью генерализации являются и собираются по единым методикам для: федерального, регионального и локального уровней ГМЗ.

К показателям федерального уровня относятся показатели регионального уровня, генерализированные для территории Российской Федерации в разрезе субъектов Российской Федерации, а также дополнительные показатели, в соответствии с которыми осуществляется сбор данных на федеральных полигонах мониторинга земель.

К показателям регионального уровня относятся показатели локального уровня, генерализированные для территории субъекта Российской Федерации в разрезе административных районов Российской Федерации, а также дополнительные показатели, по которым осуществляется сбор данных на региональных полигонах.

К показателям локального уровня относятся показатели ЕСП ГМЗ, в соответствии с которыми осуществляется сбор базовой информации о состоянии и использовании земель в муниципальных образованиях, а также дополнительные показатели, по которым осуществляется сбор данных на региональных полигонах. Системообразующими показателями всей системы показателей ГМЗ являются показатели локального уровня.

Состав системообразующих показателей ГМЗ локального уровня определяется в соответствии со следующими основными критериями:

1) востребованность собираемых данных при решении задач кадастра объектов недвижимости, госземконтроля, землеустройства и государственных мониторингах природных ресурсов;

2) возможность объективного определения информации;

3) экономическая целесообразность сбора информации в соответствии с тем или иным показателем;

4) цель сбора информации;

5) исключение дублирование информации о состоянии земель в различных информационных системах.

ЕСП ГМЗ устанавливает минимально необходимый перечень показателей объектов (земель) и их характеристик, необходимых для осуществления государственного мониторинга земель, и является основой для разработки методических и нормативно-технических документов, утверждаемых Росземкадастром по согласованию с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти.

Каждая единица мониторинга характеризуется установленным минимальным количеством показателей, определяющих условия и характер его систематического использования или степень пригодности к использованию для конкретных хозяйственных целей, а также присущие ему природные и антропогенные признаки.

Проведение мониторинга на всех уровнях осуществляется Роснедвижимостью, его территориальными органами и подведомственными организациями совместно с федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, а также специально уполномоченными для этих целей учреждениями и организациями на основе разработанных и утвержденных в установленном порядке нормативных документов, методических материалов, и нормативов.

Все ведомства и организации, также выполняющие работы по мониторингу земель, должны использовать этот установленный перечень

единых параметров и показателей в целях обеспечения сопоставимости получаемых результатов и выводов и возможности обработки получаемых материалов на основе единых методик.

Дифференциацию мероприятий государственного мониторинга земель (ГМЗ) можно проводить по следующим группам:

а) административно-территориальным уровням (Федерация, субъект, муниципальное образование, конкретный субъект земельных отношений);

б) по срокам и периодичности проведения наблюдений (базовые, периодические, оперативные);

в) по условиям финансирования (федеральный, региональный и муниципальный бюджеты, а также другие источники финансирования);

г) по значимости (назначения) получаемой информации (для развития территорий, управления земельными ресурсами, прогноза развития негативных процессов, обеспечения экологической безопасности).

Осуществление регулярных наблюдений по всем необходимым показателям на территории всей Российской Федерации требует огромных производственных и материальных ресурсов. В современных условиях при недостаточности финансирования ГМЗ дифференциацию мероприятий целесообразно проводить одновременно по указанным группам классификации в разрезе сформированной сети мониторинговых полигонов, на которых будут осуществляться регулярные наблюдения за негативными процессами во всем необходимом объеме, а на остальной территории Российской Федерации будет отслеживаться динамика развития негативных процессов и интерполироваться данные мониторинга по полигонам.

Под мониторинговыми полигонами понимаются ограниченные типичные территории различной площади (от кв. м до тыс. кв. км), различного правового режима и экологического состояния, различной ведомственной принадлежности, характеристики которых типичны для определенного района, надежно опознаваемые на аэрокосмических изображениях, доступны для непосредственных измерений и наблюдений. Мониторинговая информация по полигонам должна в последующем распространяться на территории с аналогичными характеристиками.

Таким образом, в современных условиях целесообразно дифференцировать территории не по видам мониторинговых действий по различным группам, а дифференцировать сеть мониторинговых полигонов по федеральной, региональной и муниципальной собственности (и,

соответственно, финансирования из соответствующих бюджетов). Виды, сроки и периодичность работ ГМЗ на этих полигонах, условия применения полученной информации устанавливается на основании условий конкретного региона.

Для сбора информации об использовании земель должны осуществляться базовые, периодические и оперативные наблюдения.

Под наблюдениями ГМЗ понимается совокупность работ по сбору и обработке информации. Сбор информации может осуществляться при съемках и обследованиях, выполняемых организациями Роснедвижимости, а также на основании материалов, подготовленных другими организациями (или ведомствами).

Базовые наблюдения – наблюдения, осуществляемые для сбора первичной информации об объекте ГМЗ на момент начала ведения мониторинга. Базовые наблюдения проводятся на вновь образуемых единицах мониторинга земель (в частности полигонов); при получении первичной информации о земельном фонде страны, региона, муниципального образования при отсутствии актуальной информации; при изменении системы показателей и форм отчетности ГМЗ; в районах с возникшей экологической напряженностью.

В связи с тем, что сведения об использовании земель потеряли свою актуальность (не обновлялись на большей части страны с 1991 г.) необходимо проведение базовых наблюдений ГМЗ на всей территории РФ. Организацию этого вида наблюдений целесообразно осуществлять на сети полигонов федерального уровня.

Периодические наблюдения – наблюдения, осуществляемые через определенный промежуток времени (3–5 лет) в целях поддержания в актуальном состоянии информации о состоянии и использовании земель.

Периодичность наблюдений должна определяться нормативными документами Российской Федерации и субъекта РФ с учетом природных и экономических особенностей территорий. По результатам наблюдений составляются (обновляются) карты использования земель. Периодические наблюдения целесообразно отнести к региональному уровню. Периодичность съемок мониторинга состояния земель должна быть согласована с ведомствами и организациями, на которые законодательством возложена обязанность осуществления таких видов работ.

Целесообразно базовые и периодические наблюдения осуществлять на всей территории РФ без пропусков. Но при недостаточном объеме финансирования возможны два варианта:

1) сформировать единицы ГМЗ (полигоны), на которых провести

необходимые работы по последовательному сбору информации с учетом фактического ежегодного финансирования ГМЗ. При этом выбор полигонов производится таким образом, чтобы собранную информацию можно было распространить на целые административные и природные территории. По недостающим единицам возможно получение информации из ГЗК. В следующий период времени (при увеличении финансирования) возможно сформировать другие единицы ГМЗ, на которых также провести необходимые работы.;

2) провести базовые наблюдения на всей территории РФ за счет единовременного привлечения финансовых средств (платежей за землю). Дальнейшие периодические наблюдения осуществлять за счет финансирования на ГМЗ.

Экспертная оценка показала, что период проведения базового ГМЗ при условиях достаточного финансирования работ составляет 3 года. Таким образом, если базовый ГМЗ провести в период 2007–2010 гг., то периодический ГМЗ целесообразно начать в 2013 (2015) г. Оперативные наблюдения – наблюдения, осуществляемые по мере необходимости для получения востребованной оперативной информации об объекте ГМЗ, а также в результате чрезвычайной ситуации. Период проведения оперативных съемок и наблюдений устанавливается в зависимости от локальных природных и антропогенных условий, экологической ситуации и условий финансирования.

При организации работ ГМЗ возможны два варианта.

Первый вариант предполагает территориальное разграничение – распределение единиц мониторинга между федеральным, региональным и локальным уровнями. В каждом субъекте РФ определяются объекты (единицы) ГМЗ, которые закрепляются за Российской Федерацией, субъектом РФ и муниципальными образованиями данного субъекта РФ. В этом случае при сборе информация о единицах учета состав работ (и степень генерализации информации) не имеют различий. Информация по всем единицам ГМЗ поступает в этом случае в Роснедвижимость в первичном (негенерализированном) виде. В качестве единиц учета, закрепляемых за РФ, субъектом РФ или муниципальным образованием могут быть выбраны как земельные участки, находящиеся в собственности соответственно федеральной, субъекта РФ или муниципальной, так и единицы, закрепляемые за субъектами ГМЗ по соглашению.

Недостатком этого варианта является отсутствие нормативных документов, регламентирующих проведение мониторинга земель на региональном и локальном уровнях (ответственность органов и

организаций, состав работ, финансирование). Кроме того, при отсутствии финансирования на каком-либо из уровней сведения о единицах ГМЗ, «закрепленных» за этим уровнем, будет отсутствовать, что повлечет возникновение пробелов в сведениях ГМЗ.

Второй вариант предполагает уровневое разграничение – распределение состава работ между федеральным, региональным и локальным уровнями. Основные работы по сбору сведений в этом случае выполняются на локальном уровне. Далее информация генерализируется и передается на региональный уровень. Часть информации при этом (по единицам, представляющим интерес для региона или РФ) может быть передана в первичном (негенерализированном) уровне. Далее информация передается на федеральный уровень (аналогично передаче на региональный уровень). В этом случае весь объект ГМЗ будет охвачен без пробелов.

При принятии этого варианта на федеральном и региональном уровнях состав работ будет отличаться от локального уровня и ориентирован выполнение на управленческих аналитических и контролирующих функций.

Недостатком второго варианта является отсутствие нормативных документов, регламентирующих обязательность финансирования работ на локальном уровне за счет средств земельного налога. Выделение средств в необходимом объеме из местных, региональных и федерального бюджетов в настоящее время практически отсутствует.

Однако при принятии второго варианта финансирования (то есть при единовременном привлечении средств от поступления платежей за землю на локальном уровне) вариант уровневого распределения работ по ГМЗ представляется более целесообразным.

В этом случае:

1) соблюдается положение об организации ГМЗ на федеральном, региональном и локальном уровнях в соответствии с Постановлением 846;

2) обеспечивается соответствие состава работ на указанных уровнях функциям органов, осуществляющих ГМЗ;

3) снижаются затраты на обработку и хранение информации, которая поступает на региональный и федеральный уровень в генерализированном виде.

Для обеспечения функционирования государственного мониторинга земель уполномоченными федеральными и региональными органами исполнительной власти и местного самоуправления целесообразно создание автоматизированной системы ведения государственного

мониторинга земель.

Порядок создания, развертывания и эксплуатации автоматизированной системы ведения государственного мониторинга земель устанавливается Правительством Российской Федерации специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.

Финансирование мероприятий государственного мониторинга земель осуществляется за счет федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов, внебюджетных источников, платы за оказание услуг в процессе ведения мониторинга земель и за счет иных незапрещенных законом источников.

В настоящее время не представляется возможным и целесообразным объединение в рамках ГМЗ всего многообразия данных, характеризующих те или иные аспекты состояния земель, и собираемых в различных системах наблюдений. Важно то, что эти данные собираются, обрабатываются и анализируются в соответствующих системах мониторинга других ведомств в соответствии с основными их целями.

Материалы и данные ГМЗ, полученные в разных системах наблюдений, составляют Государственный информационный ресурс, который накапливается в:

– базах данных федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, учреждений и организаций, осуществляющих непосредственные работы по сбору данных, характеризующих состояние и использование земель;

– базах данных результатов наблюдений за природно-климатическими факторами, источниками антропогенного воздействия на окружающую природную среду, а также качеством атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы, ведение которых осуществляется в рамках Единой государственной системы экологического мониторинга Минприроды России, Минсельхозом России, Росгидрометом, Роснедвижимостью подведомственными им организациями и учреждениями;

– базах данных результатов наблюдений за радиационной безопасностью, ведение которых осуществляется в рамках Единой государственной автоматизированной системы контроля за радиационной обстановкой Росгидрометом, Росатомом, Минздравом России, Минсельхозом России и подведомственными им организациями и учреждениями

ЛЕКЦИЯ 11
ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В СТРАНАХ МИРА И ЕВРОПЫ

Сравнительный анализ содержания мониторинговых работ в зарубежных странах по имеющимся публикациям в русскоязычных изданиях и поданным, размещенным на иностранных сайтах в Интернете, показывает, что современный этап мониторинга земель связывается преимущественно с такими видами деятельности, как:

– определение места и роли земельных ресурсов в формировании общей экологической ситуации на территории, оценка влияния состояния и характера использования земель на состояние окружающей среды;

– оценка величины и степени загрязнения земель в контексте загрязнения окружающей среды;

– получение и эффективное использование в управлении данных о состоянии земель, полученных методами дистанционного зондирования с помощью многоспектральных спутников (в том числе находящихся на орбите с коммерческими целями);

– создание специальных программ мониторинга земель для различных территориальных образований, мест обитаний, населенных пунктов, зон;

– создание национальных, региональных и глобальных карт с достаточно высоким разрешением земной поверхности (в том числе базовых цифровых карт с различным территориальным покрытием);

– создание технологий наблюдения и картографирования, позволяющих иметь для использования продукт с постоянным обновлением информации о земле;

– проведение мониторинга поверхности земли в широком спектре диапазона изображения;

– составление разнообразных тематических карт состояния земель с отображением и описанием растительного покрова, альбедо поверхности, почвенного покрова и посевов культур, биоразнообразия, «горячих» экологических объектов и др.;

– координация состава и форм предоставления данных в разных странах с Европейским агентством по окружающей среде;

– создание и использование в мониторинге карт земель с цифровой моделью рельефа;

– использование земель для получения экологически чистых продуктов;

– применение данных мониторинга земель в решении вопросов охраны и защиты природы, благоустройства территории и реализации других местных инициатив с участием органов местного самоуправления.

Наличие объективной информации о состоянии земель и почв является основой их рационального, экологически безопасного и эффективного использования во многих странах. При всех различиях национальных систем мониторинга земель в разных странах преимущественное внимание отводится почвенному мониторингу, когда наблюдаются такие показатели, как загрязнение почв пестицидам или удобрениями, степень проявления эрозионных процессов, потеря органического вещества почвами в результате различных деградационных процессов. Значительное место во многих странах отводится оценке изменения структуры использования сельскохозяйственных и застроенных земель.

Наиболее характерные особенности международного опыта ведения мониторинга земель рассмотрим на примере ряда стран.

Германия. Решение о развитии работ в области мониторинга и создании соответствующей информационной системы было принято в 1985 г. Концепция системы была разработана в 1987 г., а еще через 2 года начались систематические измерения. В Баварии было обустроено 238 постоянных площадок (полигонов), в Баден-Вюртемберге – 155, Нижней Саксонии – 25, Шлезвиг-Гольштейне – 22 и т.д. Сеть полигонов почвенного мониторинга была увязана с сетью мониторинга лесных почв. Имеется также сеть изучения загрязнения почв воздушного происхождения (всего таких площадок 17), а также сеть из девяти площадок для проведения специальных наземных и водных наблюдений.

Информационный центр, расположенный в Нижней Саксонии, собирает и обрабатывает информацию, имеет соответствующие управляющие и многие другие системы, позволяющие оперативно использовать данные, и отвечает на многочисленные запросы. Центральной частью системы является поисковая подсистема, содержащая ключевые слова, словарь, каталог карт, данных, методов, ссылок и др. Например, можно получить информацию о месте отбора образцов, использованных методах (предусмотрены даже переходные коэффициенты для методов, распространенных в постсоветских странах), полученных результатах и картах. В базе имеются подсистемы «диоксины», «почвенные условия в лесах», то же на распахиваемых почвах и др. Отличительными особенностями мониторинга почвенного покрова в Германии является четкая гармонизация усилий многих исполнителей, государственных и

местных источников финансирования, свободный доступ к информации.

Австрия. Методика мониторинга почв была принята Федеральным министерством сельского и лесного хозяйства в 1989 г. Результаты первого тура наблюдений (в основном по регулярной сетке 4×4 км) показали, что большинство почв страны резко подкислены (pH < 4.2). Среднее содержание микроэлементов не превышает фоновых значений, исключая Cu, Cr и As в некоторых регионах, а также Cd – повсеместно во всех лесных почвах. Констатировались проблемы загрязнения отдельными элементами почв вблизи индустриальных комплексов.

В последующие годы в стране активно обсуждались вопросы методики ведения работ. От первоначальной идеи повторять исследования первого тура каждые 5–10 лет отказались из-за их высокой стоимости. Вместо них решено было вести последующие наблюдения на строго фиксированных площадках. Одновременно совершенствовались методические основы: почвенные карты и названия почв в местах отбора образцов были согласованы с номенклатурой ФАО, уточнена программа наблюдений. В частности, остро вариабельные показатели решено было дополнить сезонными измерениями, для ряда показателей, величина которых зависит от влажности, были найдены модели их перевода к воздушно-сухому состоянию. Одновременно совершенствовались методы обработки информации. В частности, оценены различные модели расчета рисков загрязнения и идентификации причин деградации почв. Так, была предложена модель для прогнозирования подвижности металлов и загрязнения грунтовых вод.

Венгрия. Разворачиванию мониторинга почв предшествовала значительная работа по упорядочению, обработке и картографированию ранее полученных материалов. Итогом этого этапа был Национальный Атлас Венгрии, в котором отражены результаты метеорологических (с 1850 г.), гидрологических (почти 1000 точек с 1935 г.), геологических (с 1830 г.) и геоморфологических наблюдений. Эти данные составили основу почвенной информационной системы как факторы почвообразования. Собственно почвенная информсистема включает карты трех уровней (крупно-, средне- и мелкомасштабные) и разнообразные аналитические данные.

Крупномасштабные карты, впервые составленные еще в 30-ые годы минувшего столетия, включают так называемые практические карты, генетические почвенные карты, карты, оценивающие возможности или ограничения для развития орошения, и, наконец, карты различных

почвенно-мелиоративных объектов.

Среднемасштабные карты – это в основном оцифрованные (электронные) карты почв и почвенных свойств, использованные для интегрированной оценки агроэкологического потенциала почв страны в М 1:100000. Наряду с общеизвестными показателями, на картах отражены данные наименьшей влагоемкости, инфильтрации, насыщенной и ненасыщенной влагопроводности.

Мелкомасштабные карты – это результат участия венгерских почвоведов в международных проектах: почвенная карта мира ФАО/ЮНЕСКО, почвенная карта Европы ФАО, карта засоленных почв мира, деградации (GLASOD), SOTER (дигитализированная карта почв и территорий Европы), SOVEUR (карта предрасположенности почв Европы к загрязнениям), EUSOPOL (карта загрязнения почв Европы), карта CTB (Chemical Time Bomb – долговременная оценка риска загрязнения почв).

В 90-е годы минувшего столетия в Венгрии составлены карты предрасположенности почв к различным деградациям (подкислению, физической деградации, эрозии и др.).

Все перечисленные данные объединены в компьютеризированную географическую информационную систему (HUNSIS-TIR), состоящую из двух больших частей: банк почвенной информации (топографическая, точечная и пространственная) и банк моделей для оценки режимов влаги, элементов питания, предрасположенности к деградациям.

Новая система почвенной информации и мониторинга, как независимая подсистема интегрированной системы информации об окружающей среде, действует с 1992 г. Она включает 1200 репрезентативных постоянных площадок, в том числе 800 на сельскохозяйственных землях, 200 – в лесах и 200 – так называемых «hot spots» (охватывающих 12 различных типов экологической опасности или особо уязвимых объектов: деградированные почвы, мелиоративные объекты, площади, прилегающие к источникам снабжения питьевой водой, заповедные территории, индустриальные, сельскохозяйственные и городские загрязненные объекты, военные полигоны, территории открытых горных разработок, объекты аккумулирования сточных вод и др.).

Программа включает определения почти 100 показателей почв, растений и вод, часть из которых измеряется ежегодно, часть – раз в три года, часть один раз в шесть лет. Программа координируется институтом почвоведения, мелиорации и агрохимии. Результаты открыты для общественности, но с некоторыми ограничениями из-за возможных

ошибок в интерпретации.

Нидерланды. Единая концепция мониторинга почв, вод и воздуха разработана и осуществляется под руководством Национального института здравоохранения и окружающей среды. В этом же институте собирается полученная на местном уровне информация. Периодические наблюдения на 4500 точках (в 12 провинциальных регионах) состоят из описания профилей, аналитических данных и карт и интегрированы в ГИС.

Система управляется программным средством ORACLE. Картографический материал (1:250000 и 1:50000) дигитализирован, цифровая полигональная версия карт обрабатывается с помощью ARC/INFO, а растровая информация – FOR-TRAN и ERDAS. Программные средства содержат модели для оценки и прогноза выщелачивания азота, фосфора, пестицидов, подкисления, а также позволяют разрабатывать рекомендации по управлению всеми компонентами окружающей среды и продуктивностью аграрной сферы. В частности, с помощью геостатистической обработки данных в комбинации с более простыми средствами, система мониторинга почв способна составлять разнообразные карты-факты и карты-прогнозы загрязнения почв, поверхностных и грунтовых вод, отложения загрязнений воздушного происхождения, карты состояния растительности (с учетом дистанционного зондирования), а также разрабатывать агрономические и экологические прогнозы.

Норвегия. Кроме обычной сети постоянных площадок с периодическими наблюдениями, имеющихся в каждой стране, неотъемлемой частью мониторинга здесь являются долговременные полевые опыты, которые проводятся по единой методике и обязательно имеют оборудование для учета твердого и жидкого стока. Используя универсальное уравнение эрозии, рассчитывают интенсивность водной эрозии и потери химических элементов (N, P, K, Mg и S). Норвегия согласно Конвенции об охране Северного моря обязалась уменьшить на 50% сброс химических элементов в море и выполнила это обязательство.

Для этого организован тщательный контроль сельскохозяйственного использования водоразделов, постепенно сокращается внесение в почву удобрений и пестицидов, а их сток контролируется в каждом базисе эрозии, перед попаданием в бухты. Мониторинговые площадки для контроля стока размещены почти на всех водосборах, каждая из них охватывает площадь 5–10 км^2 или от 5 до 30 ферм.

Еще одной особенностью системы мониторинга почв в Норвегии является участие в ней фермеров, которые ежегодно отвечают на вопросы

об обработке, удобрениях и прочих технологических деталях. Ответы фермеров контролируются дистанционными средствами. Последние строго ориентированы на диагностику способа обработки (распашка или поверхностные способы), определение высеянной культуры в соответствии со схемой севооборота, направления посева и прочее.

Аналитические данные о почвах получают в основном в полевых опытах и смежных с ними территориях (один образец с 20 гектаров), а данные о сбросе химических элементов в море фактически оценивают уровень сельскохозяйственной практики.

Как и в других странах, результаты мониторинга почв вместе с другими данными (метеорологическими, геологическими, агрономическими, радиоактивности и прочими) интегрированы в ГИС и открыты для свободного использования.

Румыния. Мониторинг сельскохозяйственных почв, почв в лесах, вод и воздушного бассейна действует с 1992 г. Программа периодических наблюдений предусматривает применение стандартных методов, оборудования, моделей прогноза, постепенное формирование ГИС. Румыния активно сотрудничает с европейскими странами в проектах почвенного картографирования, оценок предрасположенности почв к деградации (загрязнению, переуплотнению и др.).

В стране имеется долговременная программа реализации мониторинга почв, включающая три фазы:

1 – подготовка кадров для ведения непосредственных наблюдений и улучшение приборной базы измерений;

2 – налаживание систематических наблюдений;

3 – полноценное функционирование сети и использование обработанных материалов в практической работе министерств и ведомств.

Словакия. Концепция мониторинга почв разработана в 1986 г. В качестве исходных (условно фоновых) были собраны данные о свойствах почв, определенные в 1961–1970 гг. Программа предусматривает контроль более чем 50 показателей почв, вод и растений. Мониторинговый цикл составляет 3–5 лет. Сеть в лесных почвах, созданная на регулярной основе, включает 338 точек, сельскохозяйственных почвах (нерегулярная сеть) – 348 точек и еще 32 точки отбора проб дунайской воды.

Сеть мониторинга почв Словакии согласована со специальной сетью контроля загрязнения окружающей среды (1000 точек слежения) и геохимической сетью (600 точек). Данные всех трех отдельных баз («почва», «загрязнение», «геохимия») экспортируются с помощью ARC/INFO в единую географическую сеть. В последние годы Словакия

предпринимает активные шаги для гармонизации своей системы с системами соседних стран и в целом с европейскими подходами.

Бельгия. В этой стране, начиная с послевоенных лет до начала 80-х годов, функционировала Национальная почвенная служба. Накоплено значительное количество почвенной информации в дигитализированном и аналоговом форматах, составлены разномасштабные карты почв и их свойств. В начале 90-х годов эти данные интегрированы в соответствующую базу, содержащую информацию высокого качества. База данных была подвергнута геостатистической обработке, что позволило достаточно корректно экстраполировать данные на неисследованные регионы, а затем использовать их для разработки разнообразных прогностических моделей. Сейчас бельгийские почвоведы сделали вывод о том, что обследования в рамках почвенной службы себя исчерпали. Им на смену должен прийти мониторинг почв на современной методологической основе (ГИС, геопозиционирование, дистанционные средства, совмещенные с наземными автоматизированными системами, педотрансферные функции, экспертные системы и др.). Постепенно сформировался следующий подход к мониторингу.

Первый этап включает контроль отдельных почвенных характеристик путем повторяющихся измерений. Набор определений и их глубина являются стандартными, а периодичность – 5–10 лет. Повышенная детализация исследований требуется только в «hot spots». Почвенные исследования дополняются изучением грунтовых вод.

Второй этап предполагает экстраполяцию полученных на предыдущем этапе точечных наблюдений на пространство с помощью педотрансферных функций (ПТФ). Прогностические модели разработаны для большинства почвенных процессов (миграции воды, металлов, теплового и пищевого режимов и даже продуктивности) и регионализированы. При этом исследователи достаточно ясно себе представляют вероятностную природу ПТФ, а некоторые из них характеризуют этот подход как суррогат мониторинга, хотя и способный уменьшить затраты на прямые определения.

Третий этап включает применение более сложных моделей, в которых почвенные данные интегрируются с метеорологическими, гидрологическими, данными продуктивности растений и образуют геоинформационную систему, способную ответить на многие вопросы агрономического, экономического и экологического содержания: баланс воды и солей, опасность загрязнения зоны аэрации фосфором, нитратами, тяжелыми металлами, силикатами, потребность в ресурсах и др.

В **Великобритании** мониторинг земель начал проводиться в 70-е гг. XX в. на национальном уровне и был основан преимущественно на аэрофотоснимке. Как известно, Великобритания является европейским лидером в создании географических информационных систем с помощью современной компьютерной техники.

В этот период была организована сеть пунктов наблюдений, которая охватывала всю территорию страны и включала более 6 500 точек. В перечень наблюдаемых показателей вошли макрокомпоненты, элементы питания растений, pH, органическое вещество, тяжелые металлы. В середине 90-х гг. XX в. было проведено повторное мониторинговое обследование территории.

Мониторинг земель в Великобритании базируется на почвенном информационной системе, созданной почвенной службой Англии и Уэльса. В этой системе акцентируется внимание на компьютеризации процесса выбора оптимальных сельскохозяйственных культур и обрабатывающей техники для конкретного вида земель с учетом эрозионной опасности земель. Среди функционирующих геоинформационных систем (всего создано 37 ГИС) выделяется банк данных по землям лесного фонда страны. Эта ГИС разработана под эгидой совета охраны природных ресурсов Департамента охраны окружающей среды, данные которой обновляются ежегодно. В Великобритании создана также электронная база данных загрязненных земель, информационная система по основным природным ресурсам и их использованию. Кроме того, существуют некоторые геоинформационные системы, имеющие региональный характер, например информационные системы по использованию земель Шотландии.

В **США** широко используются данные дистанционного зондирования и ГИС, описывающие степень и состояние различных типов покрова земли, факторы, масштабы и причины (например, урбанизация, сельское и лесное хозяйство) изменения покрова земли. В мониторинге земель применяются спутниковые снимки Landsat и специальное программное обеспечение тематического картографа для отображения и сопоставления типов земель и получения данных об изменении покрова земли. Эти данные обновляются каждый пятый год. Минимальная единица отображения на карте – 2,5 акра. Полученная информация служит базой для составления ежегодного статистического отчета о последствиях изменения покрова земли.

В **Австралии**, особенно в Западной Австралии, большое внимание при ведении мониторинга земель уделяется определению уровня

загрязнения почв и оценке влияния площади лесов на рост засоленности грунтовых вод.

Для различных целей мониторинга созданы тематические карты с использованием спутниковых изображений и цифровых моделей рельефа. На них прежде всего представлена информации о прошлым и нынешнем состоянии растительного покрова, типах и видах используемых земель. Данные мониторинга (особенно о степени загрязнения) доступны для широкой общественности.

В **Дании** мониторинг земель начал проводиться с 1980 г. В этот период была заложена сеть мониторинга с густотой 8×8 км для наблюдения за состоянием земель, более редкая сеть – для наблюдений за химическим загрязнением почв.

В **Италии** исходные условия для развития национальной системы мониторинга земель весьма неблагоприятны. В стране собрано до статочно много информации о состоянии почв, но обобщений на национальном уровне практически нет. Почвенные карты изданы еще в 60-е гг. XX в. и в значительной мере устарели. Детальное почвенное картирование, соответствующее европейским подходам и сопровождаемое определением физических и химических параметрон почв, осуществляется только на отдельных территориях. Преимущество при наблюдениях за землями отдается химическому загрязнению почв на локальном уровне для выявления очагов загрязнения и очистки загрязненных территорий.

В стране определен перечень стандартных методов изучения основных свойств почв, а также введен в действие специальный проект, который предусматривает комплексное наземное и дистанционное зондирование территорий с постепенным формированием ГИС, включающей почвенную, геоморфологическую, гидрографическую, социально-экономическую и статистическую информацию на локальном, местном, региональном и национальном уровнях. Общая цель проекта – охрана компонентов природной среды и разработка ряда ограничений, не допускающих ухудшения ее качества.

В **Словении** в системе мониторинга определены основные черты – геоориентированность, стандартизация методов и оценок, высокая совместимость различных баз данных, четкое разграничение точечной, полигональной и пространственной информации, наличие средств для создания каталогов, экспорта-импорта данных, детальной кодировки всех составных элементов базы данных, а также большие возможности автоматизации любых операций.

В **Финляндии** мониторинг земель проводится с 1974 г. Первоначальные исследования включали оценку элементов питания растений в почвах 13 000 сельскохозяйственных полей. С 1992 г. была развернута программа периодических, с интервалом 1 раз в 5 лет, наблюдений за содержанием элементов питания и тяжелых металлов по сети станций наблюдений, включающей 150 сельскохозяйственных угодий. С 1995 г. в рамках программы ICP-forest на территории страны создано 5 стационарных площадок для наблюдения за состоянием земель на лесных территориях по широкому спектру показателей, определенных данной программой. Кроме того, в стране выполняются специальные проекты, целью которых является выявление и обследование загрязненных территорий.

Во Франции система мониторинга земель функционирует на двух уровнях – территориальном и локальном. Территориальный мониторинг проводится на более чем 2 000 участках, расположенных по сетке 16х16 км, из которых четверть представлены лесными землями. Локальный мониторинг охватывает ограниченные территории и служит для выявления загрязненных земель. Мониторинг земель во Франции базируется на создании информационной базы данных. Националь¬ным институтом агрономических исследований Франции был создан банк данных о почвенном покрове страны. Этот банк данных состоит из файлов, обеспечивающих хранение, обработку и предоставление информации о почвенных профилях; о физико-географических особенностях почв; сбор, обобщение и идентификацию всех имеющихся в стране почвенных материалов.

Совместно с научно-исследовательским центром в Орлеане был создан банк данных морфологических описаний профилей почв, содержащих краткие описания данных по окружающей среде и данные физико-химических лабораторных анализов.

Во **Франции** разработано достаточно много и региональных банков данных. Например, банк почвенных данных Центрального района, созданный Национальным институтом географии и содержащий сведения по каждой почвенной единице района (классификационное название почв, механический состав, гидроморфные свойства, характер подстилающих пород, содержание камней). Можно назвать специализированную географическую информационную систему района Лангедок-Русильон, созданную из-за значительного сокращения площадей виноградников в результате изменения структуры землепользования.

Региональные информационные базы данных имеют различия в

системах организации данных, в связи с этим создается единая Географическая информационная система с целью их комплексного анализа.

Особенностью проведения мониторинга земель во Франции является то, что государственное регулирование земельных отношений связано с созданием баз данных в рамках национального земельного кадастра. Службой статистических исследований разработан банк данных по использованию земель, где ежегодно регистрируется информация об использовании земель на национальном, региональном и департаментских уровнях.

В **Канаде** периодические наблюдения за состоянием земель начали проводиться с 1996 г., после издания Директивы по мониторингу земель и руководства по мониторингу и управлению загрязнением земель. В Директиве изложены общие требования к организации мониторинга, а также конкретные вопросы, касающиеся процедуры определения местоположения площадок проведения мониторинга, отбора проб почв и их химико-аналитической обработки. Мониторинговыми наблюдениями охватываются загрязненные земли, а также территории, на которых существует риск загрязнения. Количество площадок отбора зависит от размера территории и структуры почвенного покрова.

Мониторинговые исследования земель проводятся для целей пастбищного животноводства (скотоводства) с предоставлением данных как для государственных служб, так и для владельцев частных ранчо.

Программа мониторинга земель в **Узбекистане** имеет ряд специфических моментов. Так, при мониторинговых наблюдениях среди факторов, влияющих на изменение плодородия почв, рассматриваются аридизация и опустынивание, активизация водной, ирригационной и ветровой эрозии, изменение содержания гумуса, трансформация почвенной структуры, засоление. Большое внимание уделяется процессам, связанным с изменением состояния растительного покрова естественных кормовых угодий, состоянием береговых линий рек, озер, водохранилищ, Аральского моря, ирригационных и гидротехнических сооружений, процессам, вызванным оползнями, селевыми потоками, землетрясениями, паводками и др.

В **Казахстане** мониторинг проводится в соответствии с Правилами ведения мониторинга земель и пользования его данными в Республике Казахстан. Мониторинг проводится с учетом особенностей целевого назначения земель и подразделяется на подсистемы, соответствующие категориям земель. Проведенный мониторинг земель показал, что 70 % территории подвергнуты процессам опустынивания в разной степени.

Согласно качественным характеристикам земель в стране 30,5 млн га подвержены ветровой и водной эрозии, из них 1,6 млн га составляют пашни.

Таким образом, опыт становления и функционирования мониторинга земель в ряде стран ближнего и дальнего зарубежья имеет как общие, так и индивидуальные особенности, которые зависят от уровня развития почвенных исследований, наличия статистических данных долговременных наблюдений, картографического материала, возможностей использования современных ГИС-технологий и многое другое. В некоторых из стран разработаны методологические подходы и даже функционируют полноценные сети, в других – ведутся лишь отдельные наблюдения. Пока еще нет единой методики, согласованных программ и сетей мониторинга. Даже в странах такого благополучного и обеспеченного континента, каким является Европа, мониторинг развивается недостаточными темпами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кодекс Республики Беларусь о земле [Электронный ресурс]: 23 июля 2008 г. № 425-З: принят Палатой представителей 17 июня 2008 г.: одобр. Советом Респ. 28 июня 2008 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 08.01.2024 // КонсультантПлюс: Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. − Минск, 2024.

2. Афанасьев , Ю. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин. – М.: Изд-во МНЭПУ. Ч. 1. 1998. 208 с.; Ч. 2. 2001. – 337 с.

3. Белова, Е. А. Экологический мониторинг, контроль и экспертиза: курс лекций / Е. А. Белова. – Гродно: ГрГУ, 2008. – 215 с.

4. Бородин, Ю. В. Промышленная экология: учебное пособие / Ю. В. Бородин, М. Э. Гусельников. − Томск: Изд. ТПУ, 2005. − 120 с.

5. Владимиров, В. В. Урбоэкология: конспект лекций / В. В. Владимиров. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – 204 с.

6. Горшков , М . В. Экологический мониторинг: учеб. пособие/ М. В. Горшков. – 2-е изд. испр. и доп. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. – 300 с.

7. Голицин, А. Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды: учебник / А. Н. Голицин. − М.: Изд-во «Оникс», 2007. − 336 с.

8. Горелов , А. А. Экология: учеб. пособие / А. А. Горелов. – М., 2006. – 240 с.

9. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-2017. – Введ. 01.01.2019 – М.: Стандартинформ, 2018.

10. Государственная программа развития Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь на 2006-2010 годы от 18 апреля 2006 г. № 251 (в ред. Указов Президента Республики Беларусь от 12.05.2009 № 241, от 17.04.2010 № 184) // Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ncpi.gov.by – Дата доступа: 08.01.2025.

11. Ерофеев, Б. В. Экологическое право: учебное пособие / Б. В. Ерофеев. – М., 2005. – 335 с.

12. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с.

13. Константинов, В. М. Охрана природы.: учеб. пособ. для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. М. Константинов. – 2 е изд., исп. и доп. – М., 2003. – 240 с.

14. Круковский, В. П. Экология и охрана водных ресурсов: учеб. пособие / В. П. Круковский. – Минск: Урожай, 2000. – 95 с.

15. Методические указания по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометиоиздат, 1981. – С. 45–73.

16. Мониторинг и использование земельных ресурсов: учеб. пособие / С. Е. Головатый [и др.]. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 149 с.

17. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / под ред. Ю. А. Афанасьева – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 337 с.

18. Опекунов, А. Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: учеб. пособие / Ю. А. Опекунов. – СПб.: Изд-во С. -Петерб. ун-та, 2006. – 261 с.

19. Позняк, С. Агроэкологический мониторинг земель / С. Позняк // Сейбіт. – 2005. – № 4. – С. 15–17.

20. Позняк, С. Мониторинг земель населенных пунктов / С. Позняк // Сейбіт. – 2006. – № 1. – С. 36–38.

21. Потапов, А. Д. Экология: учебник / А. Д. Потапов. – 2-е изд, испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 528 с.

22. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / под ред. Г. И. Кузнецова, Н. И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.

23. Природная среда Беларуси: монография / под ред. В. Ф. Логинова; НАН Беларуси. Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии. – Минск: НОООО «БИПС», 2002. – 424 с.

24. Рыбак, В. А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения / В. А. Рыбак. – Минск: РИВШ, 2008. – 368 с.

25. Свитин, В. А. Мониторинг земель: учебное пособие / В. А. Свитин. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – 244 с.

26. Федорова , А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.

27. Черныш, А. Ф. Мониторинг земель: учебное пособие для студентов географического факультета специальностей G 31 02 01 «География», G 1 02 01-02 «География и геоинформационные системы», H 33 01 03 «Геоэкология» / А. Ф. Черныш; Рец. В. В. Жилко, Рец. В. М. Яцухно. – Минск: БГУ, 2003. – 98 с.

28. Юсфин, Ю. С. Промышленность и окружающая среда / Ю. С. Юсфин, Л. И. Леонтьев, П. И. Черноусов. − М.: ИКЦ Академкнига, 2002. − 470 с.

29. Смыкович Л. И. Мониторинг земель: учебное пособие / Л.И. Смыкович – Минск : БГУ, 2022. -152 с.

30. Очкин А. В. Введение в радиоэкологию: учеб. пособие для вузов / А. В. Очкин, Н. С. Бабаев, Э. П. Магомедбеков. – М. : ИздАТ, 2003. – 200 с.

31. Москвин Л. Н. Методы химического и радиохимического контроля в ядерной энергетике / Л. Н. Москвин, М. Ф. Гумеров, А. А. Ефимов; под ред. Л. Н. Москвина. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 264 с.

32. Измерение радиоактивности и математическая обработка результатов измерений: учеб. пособие / Ю. В. Егоров [и др.]. – Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2007. – 42 с.

33. Бетенеков Н. Д. Обращение с техногенными образованиями в ЯТЦ: учеб. пособие / Н. Д. Бетенеков. – Екатеринбург : УГТУ– УПИ, 2009. – 127 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....
Лекция 1. Мониторинг земель: его цели, задачи, объекты и субъекты, нормативно-правовое обеспечение .....
Лекция 2. Методология организации и проведения мониторинга земель .....
Лекция 3. Виды мониторинга земель .....
Лекция 4. Порядок проведения наблюдений за составом, структурой и состоянием земельных ресурсов .....
Лекция 5. Особенности проведения мониторинга техногенно-загрязненных земель ....
Лекция 6. Особенности проведения мониторинга радиоактивно загрязненных земель
Лекция 7. Особенности проведения мониторинга земель в пределах урболандшафтов
Лекция 8. Моделирование и прогнозирование как методы почвенно-экологического мониторинга .....
Лекция 9. Порядок представления данных мониторинга земель и их использование ...
Лекция 10. Особенности организации и проведения мониторинга земель в Российской Федерации .....
Лекция 11. Особенности организации и проведения мониторинга земель в странах мира и Европы .....
Библиографический список .....