

Лекция 3. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ, ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ

3.1 Основные геофизические методы изучения экосистем

Под системой геофизических исследований в экологии понимается комплекс взаимодействующих геофизических методов, варьирующих в зависимости от стадии работ и естественных условий. Деление всего процесса исследований на строго обозначенные стадии составляет основу системы. Основные стадии и подстадии геофизических работ выделяются с учетом действующих нормативных документов и практического опыта.

Основная цель проведения комплексных экогеофизических исследований – получение дополнительных к геоэкологическим и геохимическим качественных и количественных показателей с целью повышения полноты и достоверности сведений об изучаемых объектах. Это вытекает из объективных достоинств геофизических методов, которыми следует считать:

- 1) объемность получаемой информации;
- 2) возможность опосредованного изучения геоэкологических объектов, в том числе не выходящих на земную поверхность;
- 3) объективность информации о физических полях;
- 4) относительно низкую стоимость и высокую производительность.

В экологических исследованиях чаще всего используют следующие группы геофизических методов:

- электрические – основаны на изучении естественных или искусственно созданных электромагнитных полей Земли;
- сейсмические – основаны на изучении особенностей полей упругих колебаний, искусственно созданных в горных породах;
- гравиметрические – исследуют особенности поля силы тяжести;
- магнитометрические – выявляют особенности магнитного поля Земли;
- геотермические – основаны на изучении естественного или искусственно вызванного температурного поля в Земле;
- ядерные – основаны на наблюдении за физическими явлениями, сопровождающими естественные или искусственно вызванные ядерные превращения, или за процессами взаимодействия ядерных излучений с веществом горной породы.

Если рассматривать отдельные методы, то в экологии наиболее широко используются: вертикальное электрическое зондирование,

электропрофилирование, электрокаротаж, зондирование методом вызванных потенциалов, резистивиметрия (определение удельных электрических сопротивлений воды), сейсморазведка методом преломленных волн, термометрия, гамма-съемка, пенетрационный и радиометрический каротаж (метод геофизического исследования скважины зондом).

Вид исследований зависит от цели и масштаба работ. Сначала проводят аэросъемку для предварительного исследования местности. Автомобильная съемка, пешеходная, каротаж скважин и другие направлены на изучение выделенных при аэросъемке аномалий, выявления их природы и количественной оценки концентраций. Результаты съемки наносятся на топографическую основу и составляются карты в виде профилей.

3.2 Эффективность использования геофизических методов в экологии

Информативность геофизических методов в экологии заключается в эффективном комплексировании, оптимизации сети наблюдений и подборе современных методических приемов работ. Для решения вопроса о составе геофизического комплекса создается предварительная модель исследуемой территории, для чего анализируется фондовая информация и непосредственно в ходе исследований выполняется оперативная интерпретация данных различных методов во взаимной увязке. На этой основе производится уточнение комплекса геофизических методов и площадей обследования.

Важность геофизических методов при экологических исследованиях обоснована возможностью их использования на застроенных гражданскими и техническими объектами территориях, где применение типовых методов или затруднено, или невозможно. Этот факт заставляет исследователей искать нетрадиционные способы решения поставленных задач. В каждом конкретном случае создается необходимость своего рода ревизии имеющихся в распоряжении исполнителей технических средств, и только после этого намечаются пути выбора тех или иных геофизических методов на предмет усовершенствования и возможностей использования как автономно, так и в комплексе, соответственно, при возможно допустимых материальных затратах.

Разрабатываемые и создаваемые комплексы геофизических исследований на тех или иных геоэкологических объектах представляют собой стройную иерархическую систему, созданную на основе многолетней практики проведения геологоразведочных и геоэкологических наблюдений.

Современная геофизическая аппаратура обладает очень высокой точностью измерений, благодаря чему обеспечивает возможность выявить и

проследить даже слабые изменения полей, соответствующие небольшим отклонениям от нормы некоторых свойств изучаемых объектов. Благодаря большому разнообразию методов, методик и модификаций, соответствующей оснащённости современной аппаратурой и широкому спектру применения геофизические методы позволяют решать многочисленные задачи на суше, в горных выработках, с самолетов и на кораблях.

Электроразведочные методы эффективно используются при изучении загрязнения подземных вод, картировании фильтрационных потоков на больших глубинах, при оценке устойчивости зданий и сооружений в криолитозоне. Электроразведка позволяет определить распределение слоев по разрезу профиля, изучить быстротекущие процессы (изменение минерализации воды, температуры, режима водообмена).

Радиоволновой метод показал высокую эффективность по выявлению и оконтуриванию источников нефтяных загрязнений грунтов и подземных вод, при поисках и съемке карстово-суффозионных провалов и др.

Сейсмоакустические методы хорошо зарекомендовали себя при изучении геокриологических условий и картировании подземных льдов. С их помощью возможно установить геометрию донных отложений, карстово-суффозионные процессы и новейшие тектонические движения. С помощью сейсмического профилирования проводится изучение геологических разрезов и древних тектонических нарушений.

Гравиметрические методы успешно используют для локализации мест проявления карстовых процессов, а также для прослеживания активных разрывных нарушений.

Геофизические наблюдения обладают способностью контролировать поведение системы «объект-среда». Наиболее эффективным является комплексирование различных геофизических методов с регистрацией в зоне объекта сейсмических волновых полей, медленных движений, вариаций метеопараметров (давления, температуры и др.), параметров гидрогеологического режима. В будущем система геофизического контроля может быть дополнена регистрацией электрических, магнитных и электромагнитных полей Земли и атмосферы.

Основная задача геофизического контроля – выработка критериев, позволяющих принять правильное решение и подать сигнал, предупреждающий о критическом состоянии объекта или окружающей среды.

В результате возрастающего техногенного воздействия на природу остро стоит проблема наведенной сейсмичности. Она уже имеет свою историю, которая началась с наблюдений сейсмических толчков при заполнении искусственных водохранилищ и при разработке полезных ископаемых. Сегодня обсуждаются проблемы влияния на сейсмичность подземных

ядерных взрывов, запуска тяжелых ракет, захоронения жидких радиоактивных отходов.

Анализ влияния на сейсмический режим коротких встрясок, несущих сейсмические волны от землетрясений и взрывов, позволили глубже заглянуть в природу явлений, понять, что Земля не только тензочувствительна, но и виброочувствительна, то есть чувствительна не только к сжатию и деформациям, но и к колебательным воздействиям. Исследуется влияние естественных (землетрясения, приливные волны, микросейсмы) и искусственных воздействий на отдельные землетрясения и сейсмический процесс в целом. Изучены эффекты удаленных подземных ядерных взрывов, влияние разработок месторождений полезных ископаемых, режима водохранилищ, запусков крупных ракет. Обобщаются работы о влиянии искусственных и естественных воздействий различной природы на геодинамические процессы.

Такой подход позволяет не только увидеть природу вещей во всей ее сложности, но и оценить степень влияния человека на естественные процессы. Понимание сложных механизмов взаимодействия природы и человека позволит в дальнейшем предвидеть последствия техногенных воздействий, планировать их и управлять ими.

Перспективно изучение связи физических полей (особенно электромагнитных) со многими планетарными явлениями, такими как геодинамический режим планеты, землетрясения, погода, биоритмика живых организмов и самочувствие людей.

Особое место в ряду геофизических методов занимают радиометрические (радиоактивные) методы, основанные на выявлении и изучении радиоактивности различных объектов. Широкое «признание» эти методы получили после Чернобыльской трагедии, которая заставила руководителей и хозяйственников со всей серьезностью относиться к очагам и территориям радиоактивного загрязнения и, соответственно, для контроля за этими явлениями прибегать к услугам геофизиков.

Радиоактивное загрязнение окружающей среды – одна из наиболее острых проблем экологии. Повышенные концентрации радиоактивных элементов связаны как с естественными источниками, так и с деятельностью человека. Контроль радиоактивного загрязнения окружающей среды включает выявление участков с повышенной радиоактивностью, идентификацию излучающих нуклидов, определение их количества, установление источников поступления и зон преимущественного накопления. Проводится системное обследование на радиоактивность детских учебных заведений, радиационный контроль железных дорог с помощью специализированной железнодорожной автогаммаспектрометрической станции, выполняется эманационная съемка,

измеряется концентрация радона в воздухе жилых и производственных помещений.

3.3. Цель и задачи геохимических методов исследования экосистем

Распространение в окружающей среде отходов производственной деятельности и средств химизации приводит к образованию техногенных потоков веществ, которые в сравнении со средним составом природных экосистем отличаются высокой степенью концентрации различных сочетаний химических элементов. Особое место среди этих элементов занимают редкие (литий, бериллий, цирконий, ртуть, кадмий, сурьма и др.), которые весьма токсичны для живых организмов. Попадание и накопление в окружающей среде (экосистемах) этих элементов есть результат человеческой деятельности. Распределение элементов осуществляется природными (иногда техногенными) механизмами миграции, образующими техногенные ореолы рассеяния.

Характеристиками техногенных ореолов рассеяния, которые определяют качество окружающей среды и степень техногенного загрязнения экосистем являются: состав, степень концентрации, формы нахождения элементов, интенсивность биологического поглощения. Первым обратил внимание на химическую и биологическую сторону техногенного изменения биосферы и его глобальный характер В. И. Вернадский. Им выделен новый вид геохимической миграции атомов «вызванный человеческим разумом и трудом».

Геохимические методы изучают распространение химических элементов или их соединений в горных породах, почвах, водах, атмосфере и растительности.

Основными задачами исследований являются:

- определение степени загрязненности и запыленности приповерхностной атмосферы;
- выявление закономерностей распространения в почвах и породах зоны аэрации тяжелых металлов, пестицидов, гербицидов, нефтепродуктов и других загрязняющих веществ;
- изучение особенностей и распространения загрязняющих веществ в донных осадках, поверхностных водотоках и водоемах;
- определение концентрации тяжелых металлов в растениях и их сообществах с целью выявления фитоиндикаторов загрязнения геологической среды;

– определение взаимосвязи загрязнения почв, пород зоны аэрации с загрязнением подземных вод, а также взаимоотношение загрязнения донных отложений и поверхностных вод.

Геохимические исследования проводятся путем систематического взятия проб приповерхностной атмосферы, почв, пород зоны аэрации, донных отложений, растительности, подземных и поверхностных вод. Исследование может носить одноразовый характер, а также осуществляться в системе мониторинга. В последнем случае предварительно необходимо обосновать место отбора проб, то есть разработать схему расположения сети режимных наблюдений мониторинга. Критерии выбора сети наблюдений определяются в каждом конкретном случае исходя из регионально-геологических, зонально-климатических и техногенных условий изучаемой территории.

3.4 Основные группы геохимических методов исследования

Геохимические методы подразделяются на следующие группы:

– газогеохимические методы, когда исследуется атмосферный воздух на предмет определения в нем содержания газов, паров металлов и различных химических веществ;

– гидрогеохимические методы, когда исследуется участие поверхностных и подземных вод, а также техногенных стоков в миграции химических элементов и их соединений (к этой же категории можно отнести морскую геохимию, изучающую химический состав морской воды и процессы загрязнения морей, особенно в прибрежных частях и на континентальном шельфе);

– литогеохимические методы, исследующие процессы формирования естественных и техногенных ореолов и потоков рассеяния химических элементов в почвах и горных породах.

Основным методом геохимических исследований является геохимическое картирование, в основу которого положено: комплексное пространственное изучение рассеяния химических элементов от их источников во всех компонентах биосферы: миграционных (вода и воздух) и депонирующих (горные породы, донные отложения, почвы, растительность, живые организмы); использование высокочувствительных методов экспрессного многокомпонентного спектрального анализа, позволяющего на значительных выборках исследовать максимально широкую ассоциацию химических элементов; прослеживание геохимических взаимосвязей между компонентами биосферы и условиями концентрации в них химических элементов. Результаты геохимического картирования позволяют изучить закономерности распределения и миграции загрязнителей атмосферы,

выявить ореолы их рассеяния, таким образом создать оптимальную сеть стационарных наблюдений. Основными направлениями геохимического картирования природных сред являются: выявление и комплексная характеристика источников загрязнения биосферы (экосистем) химическими элементами, прослеживание потоков химических элементов по всем возможным каналам их миграции, оконтуривание вдоль этих каналов зон их возможного влияния на живые организмы; основные задачи – геохимическая инвентаризация биосферы, выявление участков депонирования загрязнителей; биогеохимическая оценка миграции и концентрации химических элементов (загрязнителей) живыми организмами как непосредственно в зонах загрязнения, так и с учетом движения загрязнителей по трофическим цепям (исследования должны увязываться с медико-биологическими); выявление динамики загрязнения биосферы, скорости и объемов поступления загрязнителей в компоненты – накопители; установление особенностей минералого-геохимических преобразований при концентрировании, определение скорости выведения и дальнейшей миграции химических элементов. Основная задача этого направления – получение материалов прогнозного характера.

3.5 Этапы проведения геохимических методов исследования экосистем

При проведении геохимических исследований загрязнения окружающей среды химическими элементами выделяют три основных этапа:

- подготовительный – рекогносцировочные исследования геохимических особенностей состояния окружающей среды (рекогносцировочные геохимические работы);
- основной – выделение и оконтуривание на местности техногенных ореолов рассеяния (геохимическое картирование);
- завершающий – детальные геохимические и биогеохимические исследования аномалий (детальные экологогеохимические исследования).

Рекогносцировочные геохимические работы проводятся с целью выявления основных источников загрязнения и геохимической специфики зон их воздействия, а также установления природных условий формирования и прослеживания техногенных ореолов рассеяния и особенностей распределения фоновых параметров. Рекогносцировочные работы начинаются со сбора литературных, фондовых и картографических данных по территории, намеченной к исследованию.

В результате составляется кадастр потенциальных источников загрязнения, видов и объемов, выделяемых ими не утилизированных отходов,

в конечном счете, попадающих в окружающую среду, а также картографические основы. Последние включают карту ландшафтов и карту-схему функционального зонирования городских территорий, позволяющие установить пространственное положение источников загрязнения и функциональные особенности зон их возможного воздействия. В ходе сбора материалов особое внимание должно быть уделено данным организаций, контролирующих состояние окружающей среды. В материалах этих организаций имеются сведения обо всех основных потенциальных источниках загрязнения и о некоторых химических элементах, наблюдаемых с установленной частотой в воздухе стационарной сети наблюдений. Важнейшей частью геохимических исследований этапа является взятие проб основных компонентов природных сред фоновых геохимических ландшафтов: почв, растительного покрова, природных вод, атмосферы и т. д.

При выборе фоновых территорий важно выявить и изучить основные наиболее распространенные типы контрастно различающихся ландшафтно-геохимических обстановок исследуемой территории. Для геохимически автономных ландшафтов водоразделов и склонов выбор фоновых эталонов с естественными природными параметрами распределения химических элементов обычно лимитируется возможностью подбора территорий, не испытывающих локальных местных воздействий в результате выпадения загрязнителей из атмосферы.

При изучении источников загрязнения на рассматриваемом этапе исследований проводится геохимическое изучение лишь наиболее объемных видов отходов: канализационных осадков, бытового мусора, осадков сточных вод групповых очистных сооружений. Геохимическое опробование объектов окружающей среды на рекогносцировочном этапе определяет общую структуру загрязнения территории и его важнейшие геохимические особенности для геохимического картирования техногенных ореолов и потоков рассеяния.

Взятие проб в разных местах рассеяния проводится в районе известных и потенциальных источников загрязнения таким образом, чтобы можно было сформировать представительные геохимические выборки для выявления ореолов и оценки соответствующих им ассоциаций химических элементов. Для крупных урбанизированных территорий эти выборки рационально дополнять опробованием почв и снежного покрова, что позволяет выявить все основные очаги загрязнения. Результаты исследований рекогносцировочного этапа позволяют составить геохимическую схему территории, обобщающую сведения о ее функциональной дифференциации и геохимической характеристике основных источников загрязнения. Эти материалы позволяют составить обоснованную программу исследований следующего этапа.

Геохимическое картирование является наиболее объемным этапом исследования особенностей загрязнения территорий химическими элементами. Практические цели работ этого этапа: выявление всех значимых источников загрязнения окружающей среды; установление основных видов отходов производственной и сельскохозяйственной деятельности, обогащенных химическими элементами и потенциально перспективных для вторичной переработки или требующих специальных условий безопасности депонирования; прослеживание потоков распространения химических элементов в окружающей среде; изучение морфоструктурных особенностей пространственного распределения загрязнений; установление пространственных границ зон влияния источников загрязнения и, в конечном счете, дифференциации исследуемой территории по качественным характеристикам и интенсивности испытываемого отрицательного воздействия.

При изучении источников загрязнения основной вид работ – выявление и опробование всех основных видов отходов и предварительная оценка их объемов. Изучение ореолов рассеяния, связанных с выпадением материала выбросов в атмосферу или депонированием отходов, проводятся путем планомерных геохимических съемок почв и пыли, осаждаемой на снеговой покров. По результатам геохимических исследований составляются геохимические карты всех основных очагов загрязнения изученной территории, являющиеся основой природоохранных практических мероприятий и выявляющие локальные «горячие точки» для детальных геохимических и биогеохимических исследований.

Детальные геохимические и биогеохимические исследования аномалий окружающей среды являются завершающим этапом работ. Они проводятся с целью: углубления оценки качества среды; получения данных для прогноза изменения его при продолжающемся воздействии; выявления характера реакции живых организмов на состояние среды.

Задачи и методы этого этапа во многом совпадают с заданием санитарно-гигиенической службы и служб контроля за состоянием среды, и работы проводятся в тесном контакте с соответствующими специалистами. В сущности, весь комплекс геохимических исследований является предварительным этапом подготовки территорий для стационарных динамических исследований санитарно-эпидемиологических станций и организаций, контролирующих состояние воздуха, вод, почв и растений. Детальные геохимические и биохимические исследования проводятся, главным образом, в центрах выявленных аномалий.

В пределах техногенных ореолов рассеяния в урбанизированных зонах комплекс детальных работ включает: гигиеническую оценку степени

загрязнения атмосферного воздуха; исследование биогеохимических показателей населения и оценку состояния его здоровья; расширенное изучение комплекса химических элементов и определение объемов загрязненных почв и грунтов. В сельскохозяйственных районах детальные исследования ореолов рассеяния заключаются в уточнении количества химических элементов и в установлении доли подвижных, усвояемых растениями форм токсичных форм от общего содержания этих элементов в почве. При организации работ всех этапов необходимо подготовить картографический материал. Маршруты, профили и сети опробования должны фиксироваться на топографической карте или плане местности.

3.6 Дистанционные методы исследований, их сущность и разновидности

Дистанционные (аэрокосмические) методы – это группа методов наблюдения с использованием фото- и видеотехники с летательных, воздушных и космических аппаратов. Они подразделяются на группу аэрометодов и группу космических методов.

Аэрометоды и космические методы за сравнительно короткий срок внесли важный вклад в изучение поверхности Земли, ее природных ресурсов, а также процессов, происходящих в биосфере. Наиболее ценными особенностями этих методов являются: оперативность получения информации, объективность передачи информации, возможность получения изображения различной степени генерализации (от глобальной до детальной), возможность одновременного изучения основных оболочек Земли.

В настоящее время ведущее место занимают космическая фотосъемка, спектрометрические и радиометрические исследования. Космическая съемка имеет большое количество преимуществ перед другими методами:

- большой охват обзора территории (до 500 км);
- высокая скорость получения информации;
- возможность многократной съемки изучаемых объектов и территорий, что позволяет анализировать динамику явлений и процессов (площадь озоновой дыры, опустынивание, пожары).

В последнее время большее значение приобретают исследования, связанные с влиянием техногенных процессов на природные и природно-техногенные системы, а природных процессов – на территории, освоенные человеком.

Из существующих средств аэрокосмического зондирования наиболее эффективными для экологии являются фотографические системы, которые обладают высоким разрешением и возможностью получения стереоэффекта.

Космическая информация имеет большое значение для обнаружения быстро протекающих и катастрофических явлений – выбросов в атмосферу вредных веществ, сбросов в воду вредных отходов, землетрясений, оползней и т. д. Для этих целей используются космические аппараты, проходящие над одной и той же точкой Земли через минимальные промежутки времени.

Изучение поверхности ведется при различных длинах волн – в оптическом, инфракрасном и радиоволновом диапазонах. Таким образом, имеется возможность наблюдать Землю не только в ее естественном виде, но и «видеть» ее тепловое поле со всеми температурными аномалиями и получать изображение независимо от времени суток и наличия облачности.

Широкое применение и большие перспективы имеют аэрометоды (с использованием самолетов и вертолетов), как традиционные – аэрогаммаспектрометрические, так и сравнительно новые – тепловые. Последние эффективны для выявления и контроля загрязнения акваторий, процессов самовозгорания на свалках и терриконах, пожаров горючих полезных ископаемых, торфяников и т. п.

Спектр использования аэрокосмических данных весьма широк: это и выявление локальных объектов природных и техногенных воздействий на окружающую среду и выполнение наблюдений в мониторинговом режиме, как за отдельным объектом, так и на региональном уровне.

3.7 Использование дистанционных методов для изучения экологического состояния и антропогенных изменений окружающей среды

На современном этапе развития общества и природы важное место при проведении экологических исследований занимает метод дистанционного зондирования Земли. Дистанционное зондирование – это огромное разнообразие методов получения изображений практически во всех диапазонах длин волн электромагнитного спектра от ультрафиолетового до дальнего инфракрасного и радиодиапазона.

Преимуществами дистанционного зондирования являются:

– различная обзорность изображений – от снимков с метеорологических геостационарных спутников, охватывающих практически целое полушарие, до детальных съемок участка в несколько сотен квадратных метров;

– получение информации о земной поверхности (включая расположенные на ней объекты) без непосредственного контакта с ней, путем регистрации проходящего от нее электромагнитного излучения.

Методы дистанционного зондирования основаны на том, что любой объект излучает и отражает электромагнитную энергию в соответствии с особенностями его природы. Различия в длинах волн и интенсивности излучения могут быть использованы для познания свойств удаленного объекта без непосредственного контакта с ним.

Развитие и совершенствование методов дистанционных исследований окружающей среды проходило в несколько этапов:

1. В Древнем Риме существовали изображения различных географических объектов в виде планов на стенах зданий.

2. В XVIII в. размеры и пространственное положение предметов определяли по их рисованным изображениям в центральной проекции, которые получали с помощью камеры с возвышенных мест и судов. Исследователи создавали снимки-рисунки, графически фиксируя оптическое изображение. При этом уже при съемке производился отбор и обобщение деталей объекта.

3. Следующими этапами в развитии дистанционных методов стали открытие фотографии, изготовление фотообъектива и изобретение стереоскопа. Фотографическая регистрация оптического изображения позволила получать практически моментальные снимки, которые отличались объективностью, детальностью и точностью. Фотографии местности, сделанные с высоты птичьего полета с воздушных шаров и воздушных змеев, сразу же получили высокую картографическую оценку. Для различных военных и гражданских целей использовались снимки с привязных аэростатов и аэропланов. Первые самолетные съемки совершили революцию в дистанционном зондировании, но они не позволяли получать необходимые мелкомасштабные изображения. Однако в 1920–1930-е гг. фотосъемка местности с самолетов широко применялась для создания лесных, топографических, геологических карт, для изыскательских работ.

4. Следующим этапом (с 1945 г. до конца 1950-х гг.) стало использование баллистических ракет для изучения растительности, типов использования земель, для нужд гидрометеорологии и геологии, и при исследованиях природной среды.

Началом систематического обзора поверхности Земли из космоса можно считать запуск 1 апреля 1960 г. американского метеорологического спутника Tiros-1 (Television and Infrared Observation Satellite). Первый отечественный спутник аналогичного назначения, «Космос-122», был выведен на орбиту 25 июня 1966 г. Работа спутников серии «Космос» («Космос-144» и «Космос-156») позволила создать метеорологическую систему, впоследствии разросшуюся в специальную службу погоды (система «Метеор»). Со второй

половины 1970-х гг. космические съемки стали проводиться в массовом порядке с автоматических спутников. Первым спутником, нацеленным на исследование природных ресурсов Земли, стал американский космический аппарат (КА) ERTS (Earth Resources Technological Satellite), впоследствии переименованный в Landsat, дававший снимки с пространственным разрешением 50–100 м.

Широкие перспективы открылись перед дистанционным зондированием с развитием компьютерных технологий, переносом всех основных операций по обработке и использованию данных съемок на компьютеры, особенно в связи с появлением и широким распространением географических информационных систем (ГИС).

Так, например, с помощью ГИС специалисты могут оперативно спрогнозировать возможные места разрывов трубопроводов, проследить на карте пути распространения загрязнений и оценить вероятный ущерб для природной среды, вычислить объем средств, необходимых для устранения последствий аварии. С помощью ГИС можно отобрать промышленные предприятия, осуществляющие выбросы вредных веществ, отобразить розу ветров и уровень залегания грунтовых вод в окружающей их местности и смоделировать распространение выбросов в окружающей среде.

ГИС с успехом используется для создания карт основных параметров окружающей среды. В дальнейшем, при получении новых данных, эти карты используются для выявления масштабов и темпов деградации флоры и фауны. При вводе данных дистанционных, в частности спутниковых, и обычных полевых наблюдений с их помощью можно осуществлять мониторинг местных и широкомасштабных антропогенных воздействий. Данные об антропогенных нагрузках целесообразно наложить на карты зонирования территории с выделенными областями, представляющими особый интерес с природоохранной точки зрения, например, парками, заповедниками и заказниками. Оценка состояния и темпов деградации природной среды можно проводить и по выделенным на всех слоях карты тестовым участкам.

С помощью ГИС удобно моделировать влияние и распространение загрязнения от точечных и пространственных источников на местности, в атмосфере и по гидрологической сети. Результаты модельных расчетов можно наложить на природные карты, например карты растительности, или же на карты жилых массивов в данном районе. В результате можно оперативно оценить ближайшие и будущие последствия таких экстремальных ситуаций, как разлив нефти и других вредных веществ, а также влияние постоянно действующих точечных и площадных загрязнителей.

Еще одна распространенная сфера применения ГИС – сбор и управление данными по охраняемым территориям, таким как заказники, заповедники и национальные парки. В пределах охраняемых районов можно проводить полноценный пространственный мониторинг растительных сообществ

ценных и редких видов животных, определять влияние антропогенных вмешательств, таких как туризм, прокладка дорог или ЛЭП, планировать и доводить до реализации природоохранные мероприятия. Возможно выполнение и многопользовательских задач, таких как регулирование выпаса скота и прогнозирование продуктивности земельных угодий.

Полезным и зачастую необходимым бывает сравнение текущих границ участков землепользования с зонированием земель и перспективными планами их использования. ГИС обеспечивает также возможность сопоставления границ землепользования с требованиями дикой природы. Например, в ряде случаев бывает необходимым зарезервировать коридоры миграции диких животных через освоенные территории между заповедниками или национальными парками. Постоянный сбор и обновление данных о границах землепользования может оказать большую помощь при разработке природоохранных, в том числе административных и законодательных мер, отслеживать их исполнение, своевременно вносить изменения и дополнения в имеющиеся законы и постановления на основе базовых научных экологических принципов и концепций.

ГИС является эффективным средством для изучения среды обитания в целом, отдельных видов растительного и животного мира в пространственном и временном аспектах. Если установлены конкретные параметры окружающей среды, необходимые, например, для существования какого-либо вида животных, включая наличие пастбищ и мест для размножения, соответствующие типы и запасы кормовых ресурсов, источники воды, требования к чистоте природной среды, то ГИС поможет быстро подыскать районы с подходящей комбинацией параметров, в пределах которых условия существования или восстановления численности данного вида будут близки к оптимальным.

Важным элементом дистанционных исследований является снимок – это основной продукт космического мониторинга, то есть двумерное изображение, полученное в результате дистанционной регистрации техническими средствами собственного или отраженного излучения и предназначенное для обнаружения, качественного и количественного изучения объектов, явлений и процессов путем дешифрирования, измерения и картографирования.

Космические снимки можно использовать в решении разных практических задач, но, как правило, в сочетании с фондовыми картографическими и таксационными данными, выборочными аэрофотосъемками, наземными работами, а также с учетом косвенных признаков дешифрирования и разновременных космических изображений. Во всех случаях применение космических снимков сокращает затраты труда и средств на выполнение тех или иных работ и ускоряет сроки их выполнения.

Космические снимки имеют большую познавательную ценность, усиленную их особыми свойствами, такими как большая обзорность,

генерализованность изображения, комплексное отображение всех компонентов геосферы, регулярная повторяемость через определенные интервалы времени, оперативность поступления информации, возможность ее получения для объектов, недоступных изучению другими средствами.

Для получения данных могут использоваться разные космические аппараты – ракеты, пилотируемые космические корабли и орбитальные станции, автоматические искусственные спутники Земли и другие космические аппараты. Обычно используются два основных типа спутников: геостационарные и полярно-орбитальные.

Дистанционные методы исследований используются для изучения различных территорий. Например, лесные экосистемы относятся к тем объектам природной среды, которые наилучшим образом поддаются изучению, картографированию и мониторингу. Многолетними исследованиями организаций, специализирующихся на аэрокосмических методах изучения лесов, разработаны методы использования аэрокосмической информации для лесохозяйственной отрасли и пути применения современных материалов дистанционного зондирования для регионального и глобального оперативного картографирования лесной растительности и мониторинга лесов. Оценка достоверности распознавания классов природных объектов на территориях нескольких национальных парков при автоматизированном дешифрировании снимков показала ее высокий уровень при использовании алгоритма максимального правдоподобия.

Важное место дистанционные методы занимают при изучении и оценке состояния природных и природноантропогенных экосистем особо охраняемых природных территорий (ООПТ). При мониторинге ООПТ различного уровня (регионального, субрегионального и локального) первостепенное значение имеет пространственное разрешение, с которым была получена информация. Размеры ООПТ различаются от нескольких сот гектаров (некоторые участки кластеров степных заповедников, заказников и памятников природы) и тысяч гектаров (небольшие участки лесных и горных заповедников, национальных парков и заказников) до сотен тысяч и миллионов гектаров (арктические, тундровые и таежные заповедники и национальные парки).

В настоящее время задачи оперативного спутникового контроля природных ресурсов, исследования динамики протекания природных процессов и явлений, анализа причин, прогнозирования возможных последствий и выбора способов предупреждения чрезвычайных ситуаций считаются неотъемлемым атрибутом методологии сбора информации о состоянии интересующей территории (страны, края, города), необходимой для принятия правильных и своевременных управленческих решений.