Н.К.Андросова

Геолого-экологические исследования и картографирование

(Геоэкологическое картирование)

Учебное пособие

Москва
Издательство Российского университета дружбы народов
2000

ББК 26.3

А 66

Рецензент: С.А.Сладкопевцев, д-р техн. наук, проф. кафедры природопользования Московского государственного университета геодезии и картографии

Андросова Н.К.

А 66 Геолого-экологические исследования и картографирование (Геоэкологическое картирование): Учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2000.

ISBN 5-209-01230-1

В настоящем пособии рассмотрены виды и методы геолого-экологических исследований. Представлена методика полевых исследований и методика составления геоэкологических карт. Обобщен опыт специалистов, изучающих эти вопросы.

Для студентов геолого-экологических специальностей, а также для специалистов в области экологии и охраны окружающей среды.

ISBN 5-209-01230-1 ББК 26.3

Отв. редактор В.Д.Скарятин, д. г.-м. н., профессор РУДН

Компьютерный набор Т.И.Барановой

Компьютерная верстка А.И.Новоселова

© Издательство Российского университета дружбы народов,2000г.

© Н.К.Андросова,2000г.

Введение

Технический прогресс приводит к увеличению интенсивности вредного воздействия на окружающую среду. Одновременно с его развитием появились более современные методы и средства контроля и прогноза состояния природной, в том числе и геологической среды.

Геологическая среда – верхняя часть земной коры, с которой связана хозяйственная деятельность человека. Она является важнейшим компонентом экосистем. В понятие «геологическая среда» одни исследователи включают горные породы, почвы, подземные воды, природные газы (Н.И. Плотников, 1998), другие – также поверхностные воды и биоту (Е.М. Сергеев, 1979).

Геологическая среда и происходящие в ней процессы оказывают влияние на среду обитания человека и его здоровье.

В настоящее время одной из задач в области изучения геологической среды является совершенствование методов и методики геолого-экологических исследований.

Геолого-экологические исследования включают геоэкологическое картирование (геоэкологическую съемку) и геоэкологический мониторинг за конкретными природными и техногенными объектами.

Геолого-экологические исследования позволяют получать информацию по экологическому состоянию геоэкологической среды, выявлять источники загрязнения и оконтуривать загрязненные участки, прогнозировать изменения среды, разрабатывать необходимые природоохранные мероприятия.

Геолого-экологические исследования – новый вид исследований. Поэтому необходимо помнить, что методические рекомендации, руководства, требования к их проведению, разработанные рядом институтов (ВСЕГИНГЕО, ИМГРЭ, ВИМС, АЭРОГЕОЛОГИЯ и др.), которые использовались при написании пособия, по мере накопления информации будут в дальнейшем корректироваться.

1. Цель и задачи геолого-экологических исследований

Геолого-экологические исследования и картографирование проводятся в разных масштабах.

Мелкомасштабные исследования (1:1000000 - 1:500000) выполняются при изучении глобального и регионального фонового состояния геологической среды, характера нарушения ландшафта[1].

Среднемасштабные (1:200000 - 1:100000) – при изучении состояния и изменения геологической среды в районах с напряженной экологической обстановкой и определения участков для постановки крупномасштабных работ.

Крупномасштабные исследования (1:50000 - 1:25000) проводятся в районах экологического бедствия, прилегающих к промышленным комплексам и промышленно-городским агломерациям.

Детальные (1:10000 и крупнее) – для изучения конкретных объектов.

Целью геолого-экологических исследований является оценка экологического состояния геологической среды.

К основным задачам относятся:

- предварительная оценка экологического состояния и районирование территории России и крупных регионов;
- выделение районов с природным повышенным фоновым содержанием токсичных элементов;
- выявление техногенных факторов, воздействующих на геологическую среду, и оценка характера их влияния;
- изучение, оценка и прогноз техногенных изменений;

[1] Ландшафт – единая территория с однотипным рельефом, геологическим строением, климатом, общим характером поверхностных и подземных вод, закономерным сочетанием почв, растительных и животных сообществ.

- обоснование мероприятий по рациональному использованию недр и размещению стационарной сети по наблюдению и контролю;
- выделение территорий для более детальных исследований;
- детальное изучение конкретных объектов [19,20,21].

2. Виды и методы исследований

Геолого-экологические исследования включают геоэкологическое картирование и геоэкологический мониторинг за конкретными природными и техногенными объектами.

Геолого-экологические исследования выполняются как в процессе геологоразведочных работ, так и самостоятельно.

Специализированные исследования проводят в местах расположения разведываемых месторождений полезных ископаемых, горнодобывающих и нефтеперерабатывающих комплексов, предприятий химической и металлургической промышленности, АЭС и т.д.

На месторождениях изучают природные геохимические аномалии, связанные с конкретными полезными ископаемыми, оценивают степень нарушенности компонентов окружающей среды, уровень загрязнения и его влияние на растительность, животный мир и здоровье человека. На поисковой стадии учитывается характер и устойчивость природной среды, возможные изменения геологической среды; на стадии разведки изучают качественные и количественные характеристики изменения геологической среды.

Геолого-экологические исследования включают аэрокосмические, геологические, геофизические, геохимические, гидрогеологические, инженерно-геологические и другие виды исследований с соответствующими им методами.

Так, аэрокосмические исследования состоят из аэрокосмических наблюдений и дешифрирования снимков, причем наиболее эффективным является ландшафтно-индикационный метод дешифрирования.

При геологических исследованиях выполняют наземные маршруты с описанием ситуации и с отбором проб, сетевое опробование горных пород, опробование по створам и трансектам.

Геофизические – включают, прежде всего, гамма-съемку, гамма-спектрометрическую съемку, гамма-каротаж и другие методы.

При геохимических исследованиях применяют методы литогеохимического, атмогеохимического, гидрохимического, биогеохимического и геохимического опробования.

Гидрогеологические – используют методы маршрутных наблюдений с описанием естественных выходов подземных вод, методы опробования подземных вод, опытно-инфильтрационный и другие.

При инженерно-геологических и геокриологических исследованиях применяют некоторые из вышеперечисленных методов.

Вопросы для проверки:

- Какова цель геоэкологических исследований?
- Перечислите задачи геоэкологических исследований.
- В каком масштабе ведутся геоэкологические исследования и картографирование?
- Перечислите виды и методы геоэкологических исследований.

3. Аэрокосмические исследования

3.1. Использование аэрокосмической техники для оценки экологического состояния геологической среды

Аэрокосмические исследования позволяют получить информацию о характере рельефа, разломной тектонике, гидрографии, проявлении экзогенных и эндогенных геологических процессов, почвах, частично о горных породах, техногенных объектах, о распространении ореолов техногенных загрязнений геологической среды. По снимкам выделяют границы ландшафтов, определяют контрольные участки для полевых наблюдений.

При помощи аэрокосмического мониторинга можно оценить современное состояние геологической среды, проследить динамику ее изменения и наметить необходимые мероприятия по ликвидации негативных последствий [2].

Преимущества подобных исследований:

- изучение обширных территорий,
- анализ нескольких компонентов природы в их взаимосвязи,
- высокая оперативность и эффективность контроля,
- непрерывность и повторяемость во времени.

Аэрокосмические методы используются для исследований в любом масштабе, но являются основными для мелкомасштабного картирования.

Аэрокосмические исследования основаны на расшифровке материалов, полученных с летательных аппаратов. Аэросъемку производят с высоты до 12 км самолетами АН-28, 30; ИЛ-14; АН-2; ТУ-134 и вертолетами МИ-28 и т.д. Космическую съемку осуществляют с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ), пилотируемых космических кораблей, автоматических межпланетных (МКС) и долговременных орбитальных станций (ОС).

В России широко используется ИСЗ типа МЕТЕОР, РЕСУРС, ЭЛЕКТРО, ОС МИР, КА АЛМАЗ, МКС АЛЬФА и др. За рубежом известны американские: LANDCAT, GMSP и др.; канадский RADARSAT, европейские: POES, GOES, EVMECAT, SPOT; японские: GMS, JERS. В последние годы появились малые спутники массой от 50 до 300 кг. Ежегодно на орбиту выводятся в среднем восемь новых ИСЗ, а всего в космосе в настоящее время находится порядка 250 ИСЗ. Для координации действий по разработке и запуску ИСЗ для научных целей создан международный комитет GEOS.

Самолеты и космические носители оснащены обширными комплексами аппаратуры. Использование современных многоволновых приборов (радиометров, спектрометров, поляриметров, скаттерометров, радарных и лидарных систем) позволяет контролировать и предупреждать последствия природных и техногенных катастроф.

Оптические и инфракрасные приборы могут регистрировать нарушения рельефа, наводнения, загрязнение океанов нефтью и т.д. При большой облачности используют СВЧ-радиометры и радары высокого разрешения. Многозональные сканирующие устройства, СВЧ-радиометры, радиолокаторы позволяют выявить антропогенное загрязнение территории, определить состояние почв, снежного и ледового покрова, контролировать опустынивание, исследовать зоны вечной мерзлоты.

3.2. Методы аэрокосмической съемки

Аэрокосмическая съемка подразделяется на фотографическую, телевизионную, многозональную, спектрометрическую, ультрафиолетовую, инфракрасную (тепловую), радиотепловую, радиолокационную и лазерную (лидарную).

Фотографическая съемка выполняется фотоаппаратами на фотопленке, которую затем доставляют на Землю для дальнейшей обработки и получения плановых и перспективных снимков.

При телевизионной съемке изображение проектируется на приемное устройство – видикон. С видикона электрические сигналы по радиоканалу поступают на Землю или записываются на магнитную пленку с последующей передачей. Съемка осуществляется с помощью телевизионных камер (кадровая) или сканирующих устройств. При кадровой съемке проводится последовательная экспозиция различных участков поверхности и передача изображения по радиоканалам. При сканерной съемке изображение формируется из отдельных полос, получающихся в результате "просматривания" местности лучом поперек движения носителя (сканирование). Изображение получается в виде непрерывной ленты. Со сканирующих устройств информацию непосредственно с магнитных лент можно вводить в ЭВМ [2].

Многозональная съемка выполняется как с помощью фотографических (МКФ-6,4 ЗЕНИТ АЭРО-707) , так и электронно-оптических сканирующих систем (Фрагмент). Снимки получают в различных зонах спектра. Обработка таких снимков дает возможность использовать синтезированные псевдоцветные изображения.

Перечисленные виды съемки позволяют наблюдать за тайфунами, ураганами, изучать динамику состояния природной среды, характер антропогенного загрязнения (табл. 1).

Спектрометрическую съемку проводят специальными приборами - спектрографами, которые измеряют коэффициенты спектральной яркости природных объектов относительно эталона. Спектрометрическая съемка позволяет создавать банк данных о спектральных характеристиках различных объектов и типах подстилающей поверхности, регистрировать концентрацию CO_2, малых примесей (SO_2, CLO, NO_2), аэрозолей и озона.

Ультрафиолетовая съемка осуществляется с использованием специальных источников излучения и фотоумножителей в качестве приемников. Её разновидность – флуоресцентная съемка – используется для обнаружения урановых месторождений, нефти и газов, способных светиться при облучении ультрафиолетом.

Таблица 1

Виды аэрокосмических исследований	**Методы съёмки**
Оперативная оценка окружающей среды	Телевизионная
Оценка состояния почв и растительности	Телевизионная, радиотепловая, радиолокационная
Распространение пожаров, вулканическая активность, прогнозирование землетрясений	Телевизионная, инфракрасная, радиотепловая
Загрязнение воздушного бассейна	Инфракрасная, лазерная, сканерная
Изменение ландшафтов под влиянием горнодобывающих предприятий	Телевизионная
Горное оледенение, движение ледников, прогнозирование селей, схода снежных лавин, оползней	Фотографическая, телевизионная
Оценка ледовой обстановки, передвижение айсбергов	Фотографическая, телевизионная, радиолокационная
Изучение влажности почв и грунтов зоны аэрации	Радиотепловая, радиолокационная
Концентрация газов в городских и промышленных районах, вдоль трубопроводов и т.д.	Лазерная
Утечки тепла, сброс теплых вод, изучение геологических процессов в районах многолетней мерзлоты	Инфракрасная
Обнаружение урансодержащих пород, исследование атмосферы	Лазерная, ультрафиолетовая
Нефтяное загрязнение	Лазерная, ультрафиолетовая, инфракрасная, радиолокационная
Радиоактивное загрязнение	Аэрогамма-спектрометрическая *

* см. геофизические методы

Инфракрасная съемка, или тепловая фиксирует тепловое излучение природных объектов. Широко применяется для изучения районов вулканической активности, морских акваторий, подземных вод, геологических процессов в районах вечной мерзлоты, нефтяного загрязнения.

Радиотепловая съемка регистрирует излучение природных объектов в микроволновом диапазоне электромагнитного спектра. Используется для изучения геотермальных объектов, вулканической деятельности, обнаружения лесных пожаров, для наблюдения за состоянием поверхностных вод, лесов, сельскохозяйственных угодий и т.д.

Радиолокационная съемка фиксирует естественное радиоизлучение объектов и искусственный радиосигнал от этих объектов в сантиметровом диапазоне спектра 0,3 - 100 см. Ее применяют при исследовании нефтяного загрязнения водной поверхности, изучения зон чрезвычайной ситуации, изменения характеристик земной поверхности (влажности, засоленности и т.д.).

Лазерная съемка (лазерные локаторы – лидары) позволяет оценивать загрязнение воздуха, состояние дна водоемов и т.д. С помощью лазерного флуоресцентного зондирования наблюдают за источниками загрязнения природной среды, измеряют концентрации примесей в водной среде (хлорофилл, нефтепродукты и т.д.), изучают распределение примесей по глубине, распознают геологические породы (см. табл. 1).

3.3. Материалы съёмки

В результате съёмки получаем информацию в виде негативов и аналоговых сигналов, записанных на магнитную ленту.

После обработки исходных материалов имеем позитивные отпечатки (аэро- и космоснимки), фотодиапозитивы, цифровые данные на магнитной ленте, пригодные для обработки на ЭВМ, распечатки, графики и диаграммы, построенные ЭВМ. Чаще всего для геолого-экологических исследований используются черно-белые, цветные и синтезированные (ложно цветные) снимки.

По уровню генерализации, степени обзорности и величине разрешающей способности космические снимки подразделяются на:

- глобальные – масштаб <1:15000000,
- континентальные – 1:5000000-1:2500000,
- региональные – 1:1000000-1:500000,
- локальные – 1:200000-1:100000,
- детальные – масштаб >1:100000.

Аэроснимки подразделяются на:

- мелкомасштабные – масштаб <1:30000,
- среднемасштабные – 1:30000-1:10000,
- крупномасштабные – масштаб >1:10000.

Чем мельче масштаб, тем большую площадь охватывает снимок.

3.4. Дешифрирование снимков. Ландшафтно-индикационный метод

Дешифрирование снимков – процесс выявления, распознавания и определения характерных объектов, изображённых на снимках.

При дешифрировании необходимо использовать снимки:

- масштабного ряда (принцип дешифрирования от общего к частному),
- спектрального ряда,
- временного ряда (снимки, выполненные в разное время года и разное время суток),
- ретроспективные снимки (желательно с интервалом съёмки в несколько лет).

Дешифрирование производится по прямым и косвенным признакам. К прямым признакам относятся: форма (общий контур и отдельные детали объекта), линейные и площадные разме-

ры, тон, контраст тонов двух соседних рисунков (или цвет и тональность на цветных снимках), геометрические параметры теней объектов, структура и рисунок изображения, его взаиморасположение.

Не все компоненты природной среды можно отдешифрировать по прямым признакам. Многие объекты дешифрируются с помощью **ландшафтно-индикационного метода**, который выражает взаимосвязь геологических объектов с составными частями ландшафта. Здесь используются косвенные дешифровочные признаки: рельеф, гидрографическая сеть, почвы, растительность и др.

Дешифрирование происходит по схеме: фотоизображение $\rightarrow$ опознаваемый индикатор $\rightarrow$ объект. Так, например, на крупномасштабных спектрозональных аэроснимках можно выявить изменение состава почв по смене растительности и величины фитомассы, которая определяется спектрометрированием. Индикатором понижения уровня грунтовых вод является осветление фототона, ослабление контрастности рисунка, изменение его структуры.

Существуют два способа дешифрирования снимков: визуальный и автоматический. При визуальном способе для повышения качества дешифрирования используются следующие приборы (Н.Н.Хренов):

- **увеличительные** (лупы),
- **измерительные** (синусные линейки, параллактические пластины, параллаксометры, измерительные стереоскопы, стереоскоппантографы),
- **стереоскопические** (стереоскопы, стереометры, стереокомпараторы, стереопроекторы, стереографы, универсальные стереофотограмметрические приборы «Топокарт», «Стекометр»),
- **оптико-механические** (фототрансформаторы, оптический проектор, универсальный топографический проектор УТП-2, многозональный синтезирующий проектор МСП-4),
- **комбинированные** (интерпретоскоп, прибор дешифрирования негативов ПДН-4),

- **телевизионно-оптические** (телевизионно-оптический прибор дешифровщика, прибор совещательного дешифрирования).

Автоматический способ – это распознавание объектов по их спектральным и пространственным геометрическим характеристикам. Принцип автоматического дешифрирования заключается в том, что распознающая система производит измерение объекта, подлежащего классификации, и сравнивает эти измерения с эталонными. Совпадение или близкое совпадение измерений с эталонными позволяет системе распознать объект. Наиболее эффективно выполнять автоматическое дешифрирование, когда построение контролируется и направляется оператором - геологом.

Вопросы для проверки:

- В чем заключаются преимущества аэрокосмических исследований?
- Перечислите методы аэрокосмической съемки и приведите примеры их использования при исследованиях окружающей среды.
- Что такое ландшафтно-индикационный метод дешифрирования снимков?
- Какие способы дешифрирования Вы знаете?

4. Геологические исследования

4.1. Методы исследований

К геологическим методам относят геологическую съёмку, включающую маршрутное и сетевое опробование, петрографические и минералогические исследования.

Геологическая съемка – один из основных методов изучения геологического строения земной коры, в процессе которой:

- определяются состав, генезис, предварительный возраст, взаимоположение горных пород и их элементы залегания;
- прослеживаются геологические границы, тектонические структуры;
- ведутся наблюдения за рельефом и подземными водами;
- отбираются образцы для последующего анализа.

Наблюдаемые объекты наносятся на топографическую карту или аэроснимок, а все полученные данные записываются в полевой дневник, где обязательно указывается номер обнажения, и делаются зарисовки особенностей геологического строения.

Горные породы изучаются как в естественных обнажениях, так и в горных выработках (шурфах, канавах и т.д.) и буровых скважинах.

Шурф – это вертикальная горная выработка квадратного или прямоугольного сечения глубиной не более 20-30 м. Скважина – цилиндрическая выработка, пройденная буровым инструментом, глубина которой может достигать нескольких тысяч метров.

Горно-буровые работы проводятся также при геофизических, геохимических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях.

4.2. Маршрутные исследования

Маршруты при геолого-экологическом картировании прокладываются по результатам анализа аэрокосмических, геологических, геохимических и других материалов.

Во время маршрутов определяется состояние геологической среды, ландшафтно-индикационные исследования, в процессе которых выявляются антропогенные индикаторы и нарушенные индикационные связи между различными компонентами ландшафта под воздействием техногенеза. Также обследуются ключевые участки интенсивного воздействия техногенных объектов на геологическую среду.

Маршруты в ненарушенных (естественных) условиях проходят от водораздела к дрене бассейна местного стока и вдоль дрены. Участки с повышенной концентрацией загрязняющих веществ должны пересекаться маршрутами. В маршрутах проводится дешифрирование аэроснимков, радиометрические наблюдения, отбираются пробы для геохимических анализов, отмечаются аномалии растительности.

В нарушенных условиях дополнительно прокладываются маршруты от источника загрязнения по направлению предполагаемого простирания ареала загрязнения с учётом розы ветров и направления потока грунтовых вод. Помимо работ, перечисленных выше, отмечаются нарушения рельефа: просадки, оврагообразование, оползни, обвалы, сели, свалки и т.д. На участках сброса загрязненных вод, на действующих водозаборах, каналах и других техногенных объектах отбираются пробы воды для определения тяжелых металлов и радиоактивных элементов.

Вопросы для проверки:

- Перечислите методы геологических исследований.
- Как прокладываются наземные маршруты?
- В чем заключается геологическая съемка?

5. Геофизические исследования

5.1. Геофизические методы

Методы, применяемые при геофизических исследованиях, подразделяются на электрические, сейсмические, гравиметрические, магнитометрические, геотермические и ядерные.

- Электрические методы основаны на изучении естественных или искусственно созданных в Земле электромагнитных полей.
- Сейсмические – на изучении особенностей полей упругих колебаний, искусственно созданных в горных породах.
- Гравиметрические методы исследуют особенности поля силы тяжести.
- Магнитометрические – особенности магнитного поля Земли.
- Геотермические методы основаны на изучении естественного или искусственно вызванного температурного поля в Земле.
- Ядерные – на наблюдении за физическими явлениями, сопровождающими естественные или искусственно вызванные ядерные превращения, или за процессами взаимодействия ядерных излучений с веществом горной породы (табл. 2).

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 аэросъёмке аномалий, выявления их природы и количественной оценки концентраций. Результаты съемки наносятся на топографическую основу и составляются карты в виде профилей.

В экологии наиболее широко используются: вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), электропрофилирование (ЭП), электрокаротаж, зондирование методом вызванных потенциалов (ВЭЗ-ВП), резистивиметрия (определение удельных электрических сопротивлений воды), сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ), термометрия, гамма-съемка, пенетрационный и радиометрический каротаж (табл.3).

Геофизические методы.

Таблица 2

Группы методов	Предмет измерения	Методы исследования	Измеряемые параметры
1	2	3	4
Электрические	Естественные электрические поля, возникающие в результате планетарных физических процессов. Электрические поля техногенного характера, например, вблизи подземных и наземных ЛЭП, мощных электростанций.	Метод естественного электрического поля РС	Напряжённость электрического поля.
	Искусственно создаваемые электрические поля.	ВЭЗ, ЭП, электрокаротаж, резистивиметрия, ВП и др.	Удельное электрическое сопротивление, диэлектрическая проницаемость
Сейсмические	Поля упругих колебаний, искусственно созданных в горных породах	Сейсморазведка Сейсмоакустика	Скорость распространения упругих колебаний, плотностные характеристики массивов горных пород
Гравиметрические	Гравитационное поле Земли	Гравиразведка	Плотность горных пород
Магнитометрические	Магнитное поле Земли	Магниторазведка	Магнитная восприимчивость горных пород
Геотермические	Естественные температурные поля	Термометрия поверхности Термический каротаж Аэротепловая съёмка	Теплопроводность, теплоёмкость, температуропроводимость.
	Искусственно вызванные температурные поля		

1	2	3	4
Ядерные	Естественная радиоактивность горных пород, почв, воздуха, подземных и поверхностных вод	γ-съёмка γ-каротаж	Интенсивность γ - излучения
		Радиоэманационный	Концентрация радона в почвенном воздухе
		Ионометрический	Ионизация в атмосферном воздухе
		Радоновый	Концентрация радона в природных водах.
	Явление, возникающее в результате искусственного облучения горных пород	Нейтронный, γ - каротаж	Интенсивность вторичного гамма-излучения.
		Нейтрон-нейтронный каротаж	Интенсивность излучения тепловых нейтронов
		Гамма-гамма-каротаж и другие.	Интенсивность рассеянного гамма излучения.

5.2. Радиометрические и радиогеохимические исследования

Радиометрические исследования направлены на изучение естественного радиационного фона и радиоактивного загрязнения.

При помощи гамма-съемки и гамма-каротажа можно определить суммарную радиоактивность горных пород. Гамма спектрометрическая съемка позволяет выявить раздельное содержание естественных (U, Ra, Rn, Th, K и др.) и искусственных (Cr^{90}, Cs^{137},Cs^{134}, Y^{131}, Co^{60}, Ru^{103}, Ru^{106} и др.) радионуклеидов.

Таблица 3.

Виды и объекты исследований	Геофизические методы
Радиоактивное загрязнение: Суммарное гамма-излучение Оценка отдельно урана, тория, калия	Гамма-метод, гамма-каротаж, гамма-спектрометрия
Нефтяное загрязнение	ВЭЗ
Коррозия трубопроводов	РС
Тепловое загрязнение	Термометрия, термокаротаж, электроразведка, аэротепловая съёмка.
Свалки, техногенные отходы, их мощность	ВЭЗ, ЭП, аэротепловая съёмка в комплексе с другими методами.
Породы зоны аэрации (мощность, разделение литологических горизонтов, геоэлектрические параметры, выделение зон активной трещиноватости и т.д.)	ВЭЗ, сейсморазведка.
Горные породы, их свойства и изменение под влиянием антропогенных воздействий. Техногенные отложения и их свойства.	Гамма-каротаж Пенетрационный каротаж
Электрическое сопротивление песчано-глинистых толщ	Электрокаротаж
Изучение скальных и полускальных пород (для захоронения отходов)	Геоэлектрические, сейсмоакустические, радиометрические, гравиметрические, магнитометрические
Изучение водоупорных горизонтов	Термический каротаж, ВЭЗ
Распространение многолетней мерзлоты, определение границ мёрзлых пород	Термокаротаж, термометрия, электроразведка
Загрязнение подземных вод сточными водами	Практически все перечисленные методы
Экзогенные и эндогенные процессы	Практически все перечисленные методы

Радиоактивное загрязнение происходит при эксплуатации атомных станций, при ядерных взрывах и подземных испытаниях ядерного оружия, при авариях на ядерных установках. Радиоактивное загрязнение связано с деятельностью радиоактивных химических заводов, разработкой урановых месторождений.

Повышенная радиоактивность наблюдается в породах, материале дорожных покрытий, облицовке зданий.

Геофизические исследования ведутся в воздушном, наземном, подводном, скважинном, шахтном и лабораторном вариантах. При аэрогамма-спектрометрической съёмке на самолёте или вертолёте устанавливается специальная аппаратура, например СКАТ-77. По результатам измерений составляют карты распределения общей гамма-активности поверхности и карты урановой, ториевой и калиевой составляющих гамма-поля. По ним определяют нормальную радиоактивность и аномальные участки [13].

На аномальных участках проводят наземную радиометрическую съёмку, которая локализует участки повышенного гамма-фона.

При автомобильной съёмке используются станции типа РСА-007, при пешеходной – дозиметры типа ДРГ-01Т, ДРГ-05М, радиометры "Прогноз", СРП-68-01Т, СРП-68-02 (с герметичной гильзой для исследования донных отложений) [12].

В районах повышенной радиации проводятся радиогеохимические исследования, включающие в себя изучение распределения природных радиоактивных элементов, радионуклидов и определение форм нахождения их в горных породах и минералах.

Помимо этого, определяются подвижные формы и пути миграции радиоэлементов, возможные участки их скоплений. Опробование следует проводить на карьерах, отвалах, хвостовиках горнодобывающих предприятий, в поймах, карстовых воронках, на торфяниках, плёсах и т.д.

.

Вопросы для проверки:

- Перечислите геофизические методы и приведите примеры их использования при геоэкологических исследованиях.
- Какими методами можно определить концентрацию радона в почвенном воздухе и в природных водах?
- В чем заключаются радиометрические исследования?
- Охарактеризуйте радиогеохимические исследования.

6.Геохимические исследования

6.1.Геохимический фон и геохимические аномалии

Геохимические исследования основаны на изучении распределения и распространения элементов или их соединений в горных породах, водах, атмосфере, растительности и т.д. Они состоят из определения геохимического фона, выявления геохимических аномалий и сравнения их с фоновыми или с предельно допустимыми значениями.

Определение геохимического фона, т.е. среднего содержания элементов, основано на статистическом анализе выборочного опробования.

Существует два способа определения геохимического фона. Первый заключается в анализе эталонных выборок, которые характеризуют однородные фоновые площади. Он применяется в районах, не подверженных загрязнению. Его также используют в условиях незначительного техногенного воздействия, где можно найти площади с похожими, но не загрязнёнными ландшафтами.

При анализе выборочного опробования вычисляются основные параметры распределения химических элементов:

- среднее арифметическое содержание $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$;
- дисперсию $S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2$;
- коэффициент вариации $V = \frac{S}{\overline{X}} * 100\,\%$.

где x - значение содержаний элементов, n - общее число проб, S – стандартное отклонение.

Во втором способе анализируются смешанные выборки, которые характеризуют неоднородное геохимическое поле. Он применяется в местах интенсивного развития производства. Здесь в качестве эталонных можно выбрать участки слабого загрязне-

ния, расположенные в периферийной части. Если таких участков нет, например в городе, то за фон условно берут средний уровень загрязнения.

Геохимические аномалии характеризуются повышенными, по сравнению с фоновыми, концентрациями соединений или химических элементов.

В районе месторождений геохимические аномалии образуют первичные ореолы в горных породах, вторичные ореолы в почвах и рыхлых отложениях, потоки рассеяния в поверхностных водах и донных отложениях, ореолы рассеяния в подземных водах, биогеохимические ореолы. Аномалии также наблюдаются в воздухе и снежном покрове.

Помимо природных существуют геохимические аномалии, связанные с отвалами шахт, карьеров, отстойников, свалок и т.д. (в почвах, рыхлых и донных отложениях, в грунтовых водах и растительности).

Изучение геохимических аномалий позволяет выделить площадь загрязнения, проследить потоки рассеяния химических элементов, пути их миграции.

Для определения аномалий рассчитывается коэффициент концентрации:

$$K_c = \frac{C}{C_\phi} \quad ,$$

где C – содержание химического элемента в оцениваемом объекте, мг/кг;

$C_ф$ – фоновое содержание этого элемента, мг/кг.

Для группы элементов вычисляется суммарный показатель загрязнения:

$$Z_c = \sum_{i=1}^{n} K_c - (n-1) \quad ,$$

где n – число аномальных элементов.

При расчете нагрузки загрязнения определяется коэффициент относительного увеличения общей нагрузки элемента:

$$K_p = \frac{Робщ.}{Рф}, \text{ где:}$$

общая нагрузка $Р_{общ.} = С \cdot Р_п$ (С – концентрация элемента в снеговой пыли в мг/кг, $Р_п$ – пылевая нагрузка в кг/км$^2 \cdot$сут);

фоновая нагрузка $Р_ф = С_ф \cdot Р_{пф}$ ($С_ф$ – фоновое содержание элемента, $Р_{пф}$ – фоновая пылевая нагрузка).

И соответственно, суммарный показатель нагрузки равен:

$$Z_p = \sum_{i=1}^{n} K_р - (n-1)$$

Для биогеохимических аномалий вычисляется коэффициент биологического поглощения КБП, а для гидрогеологических – коэффициент водной миграции $К_х$.

6.2. Геохимические методы

Геохимические методы включают:

- литогеохимическое изучение почв и горных пород;
- литогеохимическое изучение донных и пойменных отложений, торфяников;
- атмогеохимические исследования;
- геохимическое исследование пылевых выбросов путем изучения снежного покрова;
- гидрохимическое изучение поверхностных вод;
- биогеохимическое изучение наиболее распространенных растительных сообществ и биогенной массы (табл. 4).

При отборе проб почв необходимо учитывать, что основная часть загрязняющих веществ находится в тонком приповерхностном слое гумусового горизонта, который и выбирается в качестве предста-

вительного горизонта для ненарушенных почв. Для нарушенных почв представительным является весь нарушенный слой.

Таблица 4

Геохимические исследования	Методы исследования
Изучение почв, почвообразующих и коренных пород, донных и пойменных отложений, торфяников, снежного покрова	Литогеохимические Наземные маршруты Горно-буровые Лабораторные
Исследование поверхностных вод	Гидрохимические Лабораторные
Изучение микроэлементного состава растительности	Биогеохимические Лабораторные
Измерение концентрации парообразной ртути, отбор газовых проб, пробы воздуха на содержание пыли	Атмогеохимические Аэрокосмические Лабораторные

Донные отложения рек, озер, прудов, морей, болот – активные сорбенты загрязняющих веществ и практически конечные пункты в цепи поверхностной миграции природных и техногенных веществ. Степень загрязнения донных отложений указывает на загрязнение всей среды в целом.

Атмогеохимические исследования состоят из определения газов в атмосфере, почве, горных породах. Попутно измеряется концентрация парообразной ртути.

Техногенное загрязнение ртутью связано с добычей и переработкой ртутьсодержащих полезных ископаемых, сбросом сточных вод, захоронением отходов и т. д. Кроме наземных и скважинных исследований, измерения проводят с помощью аппаратуры, установленной на вертолетах, автомашинах и судах.

Для определения ртути в атмосферном воздухе используются приборы ГРАД (газортутный анализатор дистанционный), СФАР (селективный фазовый анализатор ртути), ГРОЗА (газортутный оптический зеемановский анализатор); для экспрессного определения ртути в атмосферном и почвенном воздухе применяются АГП-01 (анализатор газортутный переносной) и другие [12].

Частицы газопылевых природных и техногенных выбросов оседают на снежном покрове, исследуя который можно определить нагрузку загрязнения на единицу площади за определенный срок:

$$P_n = \frac{P_0}{S * t} \quad \frac{мг}{м^2 * сут} или \frac{кг}{км^2 * сут},$$

где: P_n – пылевая нагрузка; P_o – вес пыли в пробе;

S – площадь шурфа;

t – время от начала снегостава до отбора пробы.

Пылевую нагрузку можно рассчитать, исследуя жидкую фазу:

$$M_n = \frac{P_0}{V},$$

где: P_o – масса пыли в пробе;

V – объем водной части пробы в литрах.

Снежный покров является индикатором загрязнения атмосферы, и в то же время к моменту снеготаяния он становится вторичным источником загрязнения грунтов, подземных и поверхностных вод.

Изучение снега (мощность, плотность, степень загрязнения) необходимо проводить в районах многолетней мерзлоты для определения влияния снежного покрова на изменение температуры пород и на изменение амплитуды колебания температуры воздуха, от чего зависит глубина сезонного оттаивания и сезонного промерзания.

Гидрохимические исследования позволяют определить физико-химические параметры и солевой состав поверхностных вод. Исследованию подвергаются все реки и притоки. В местах крупных постоянных источников загрязнения необходимо проводить режимные наблюдения.

При биогеохимических исследованиях изучается микроэлементный состав растительности. Загрязняющие вещества прони-

кают в растения через воздух, грунты и с дождевыми осадками. Растительный покров является одним из накопителей тяжелых металлов и радиоактивных элементов. С помощью многозональной (синтезированные снимки), инфракрасной и аэрогаммасъемки можно наметить участки угнетенной растительности, выделить площади для биогеохимического опробования.

Вблизи постоянного источника загрязнения, например горнодобывающего предприятия, для контроля загрязнения используют автоматические станции контроля (АСК).

Так, автоматизированная система АСВА-П определяет в почвах фосфор, кальций, алюминий, марганец, магний, калий, нитраты и ряд других веществ. Автоматический многоканальный анализатор АМА-202 регистрирует семнадцать физико-химических параметров воды: ph, Eh, температуру, мутность воды, концентрацию растворенного кислорода, ионов Cl, NO_3, F, Cu^{2+}, Na, Fe, Cr, PO_4, нитритов и т.д.

Существуют автоматизированные станции контроля за воздушной средой типа АНКОС-АГ, ПОСТ-2, АТМОСФЕРА-П и другие. Станция ПОСТ-2 измеряет концентрации окиси углерода и двуокиси серы, отбирает тридцать три пробы воздуха на определение пяти газообразных примесей, сажу, пыль, измеряет скорость ветра, температуру и влажность воздуха, отбирает пробы воздуха по четырем каналам для последующих лабораторных анализов [7].

Вопросы для проверки:

- Что такое геохимический фон? Его определение.
- Что такое геохимические аномалии и как они определяются?
- Как рассчитать коэффициент концентрации и суммарный показатель загрязнения?
- Как рассчитать нагрузку загрязнения и суммарный показатель нагрузки?
- Перечислите геохимические методы.
- Как определить пылевую нагрузку?

7. Гидрогеологические исследования

7.1. Виды гидрогеологических исследований

Экологические исследования могут выполняться в процессе гидрогеологической съемки, если на изучаемой территории она не проводилась более 10 лет.

Гидрогеологическая съемка – это маршрутные наблюдения с документацией естественных выходов подземных вод, буровые и горнопроходческие работы, опытно-инфильтрационные исследования, наблюдения за режимом подземных вод и лабораторные исследования.

Во время маршрутных наблюдений выявляются гидрогеологические объекты, изучается степень и характер водоносности горных пород, распространение, питание и разгрузка подземных вод, их режим и взаимосвязь с поверхностными водами; оцениваются физические свойства, химический состав и качество вод, их влияние на развитие геологических процессов, на горные породы и т. д. Объектами визуальных наблюдений служат родники, источники, участки просачивания, поверхностные водотоки, колодцы, скважины, горные выработки, водовмещающие и водоупорные породы и их свойства.

В процессе съемки происходит обследование и опробование водопунктов.

В полевом дневнике записывается номер источника, его местоположение, формы и размеры выхода, прозрачность, цвет, запах, вкус, температура, наличие газов и минеральных образований, радиоактивность, его приуроченность к определенному водоносному горизонту, геолого-литологическая характеристика горизонта, режим и использование вод источника. В районах развития мерзлых пород оценивается связь источников с таликами.

Наблюдения за режимом подземных вод позволяет установить во времени общие закономерности изменения режима

(уровня, температуры, дебита, химического состава и др.) в результате хозяйственной деятельности человека.

В процессе самостоятельных геоэкологических исследований изучаются изменения свойств и состояния подземных вод, происходящие в результате техногенного загрязнения.

Они включают:

- определение участков и источников загрязнения;
- оценку защищенности подземных вод от загрязнения;
- изучение влияния техногенных нарушений подземной гидросферы на поверхностный сток, растительность, деградацию мерзлоты, экзогенные геологические процессы и т. д.;
- выявление истощения подземных вод.

7.2. Характер загрязнения подземных вод

Характер загрязнения подземных вод зависит от типа источника загрязнения и от геохимической ситуации.

К основным источникам загрязнения подземных вод относят промышленные, коммунально-бытовые и сельскохозяйственные сточные воды, для которых характерен определенный набор загрязняющих веществ. Например, состав промышленного стока горнодобывающего предприятия зависит от состава добываемой руды. В подземные воды попадают хлориды, сульфаты, бром, йод, калий, натрий, кальций, железо, нефтепродукты.

По типу источника загрязнение подразделяется на:

- химическое (стоки предприятий, сельскохозяйственные стоки);
- биологическое, вызванное органическими веществами (канализационный сток, сброс сточных вод пищевой и текстильной промышленности, животноводческих комплексов);
- физическое (сброс в реки шлама, песка, глины, шлаков, которые через водозаборы поступают в подземные воды);

- радиоактивное, происходящее в результате добычи, обработки и использовании радиоактивных материалов, эксплуатации и аварий на АЭС и т.д.

К числу важнейших показателей, определяющих геохимический тип подземных вод, относятся показатель концентрации водородных ионов (водородный показатель) pH и окислительно-восстановительный потенциал Eh.

По величине водородного показателя определяют кислотность воды. Для нейтральных вод pH=7, для щелочных pH>7 и для кислотных pH<7. Также выделяются весьма кислые, где pH<5 и высоко щелочные воды, где pH>9.

Окислительно-восстановительный потенциал Eh служит мерой окислительной или восстановительной способности среды, его величина непосредственно связана с величиной водородного показателя. pH определяется при всех видах лабораторных исследований, Eh- предпочтительно определять у объектов.

Определенным геохимическим типам подземных вод соответствует определенный набор элементов, концентрация которых может превысить ПДК (Табл.5).

Среди показателей подземных вод изучению, прежде всего, подлежат температура, Cl, SO^4, HCO_3, CO_2, CO, Na (Na+K), сухой остаток, сумма металлов (Zn+Cu+Pb), pH, NO_3, NO_2, NH_4, растворенный кислород, сероводород, органическое вещество и показатели, характерные для конкретного источника загрязнения, например, хлориды, карбонаты, нитраты, Mg, Ca, Fe, Cu и т.д.

Для оценки загрязнения подземные воды исследуются на нефтепродукты, пестициды, органический углерод, фенолы, поверхностные активные вещества, бензопирен, окисляемость, Cr, Ni, Fe, Hg, Cd и т.д.

Так как каждый тип источника характеризуется определённым набором загрязняющих веществ, то при его исследовании изучаются свойственные этому типу показатели.

Геохимические типы загрязнённых подземных вод [12]

Таблица 5

Геохимические типы загрязнённых подземных вод	**Элементы, которые могут быть в подземных водах в концентрациях, превышающих ПДК**	**Анионы, способствующие увеличению концентраций элементов в воде**
1	2	3
1. Кислые кислородные с высокими значениями окислительно-востановительного потенциала (pH<6, Eh> + 400 мВ и более)	Катионогенные: Li, Hg, Bi, Be, Ba, Zn, Cu, Pb, Cd, Co, Ni, Fe, Mn Комплексообразователи: Ti, Nb, Анионогенные: S, Se,Te,As, Sb, B, Si, Mo, Cr(IV), NO	SO_4^{2-}, F^- и др. Анионы органических кислот
2. Щелочные с низкими положительными значениями окислительно-востановительного потенциала (pH>9, Eh до +250 мВ)	Катионогенные: Na, Li, K, NH_4 Комплексообразователи: Zn, Cu, Pb, Ti, Nb Анионогенные: F, Mo, W, Si, B, P, Cr	Органические вещества
3. Околонейтральные кислородные с высокими значениями окислительно-восстановительного потенциала (ph 6-9, Eh > +250 мВ)	Катионогенные: Na, Sr, Ba Комплексообразователи: Zn, Cu, Pb, Cd, Be Анионогенные: S, Se, Te, Mo, As, Sb, Cr, No_3^-	SO_4^{2-}, Cl^-, окисленные органические вещества
4. Околонейтральные бескислородные бессульфидные с низкими положительными значениями окислительно-восстановительного потенциала (pH 6-9. Eh =+250-0 мВ)	Катионогенные: Fe, Mn, NH_4^+, Ti Комплексообразователи: Zn, Cu, Pb, Be, Hg, Cd Анионогенные: S, As, Cr(III), P(III)	Cl^-, SO_4^{2-} не окисленные органические вещества

1	2	3
5. Околонейтральные и щелочные сульфидные с отрицательными значениями окислительно-восстановителтного потенциала (pH >6, Eh<0 мВ)	Катионогенные: Na, NH_4^+ Комплексообразователи: Cd, Fe Анионогенные: S, F, Se, Te, As(III), Sb(III)	HS^-, S^{2-}, Cl^-, CO_3^{2-}, HCO_3^- органические вещества

7.3. Природные факторы защищённости грунтовых вод

К природным факторам защищенности грунтовых вод относятся глубина залегания грунтовых вод и наличие водоупорных пород, играющих роль противофильтрационных экранов.

По Гольдбергу выделяются три категории защищенности водоносных горизонтов:

- защищенные – мощность водоупора m>10 м и $H_2 > H_1$ (H_2 – уровень нижележащего, а H_1 – вышележащего горизонта);
- условно-защищенные (при 5м<m<10м и $H_2>H_1$, а при m>10м $H_2 \le H_1$;
- незащищенные (m<5м и $H_2 \le H_1$) или водоупор прерывистый по площади, имеющий "фильтрационные окна", зоны повышенной трещиноватости и $H_2<H_1$.

7.4. Методы исследований

Характер влияния загрязняющих веществ зависит не только от химических и физических свойств растворов, но и от гидродинамики фильтрационных и миграционных потоков.

Фильтрационные свойства пород можно изучать с помощью опытных наливов в шурфы с однокольцевым инфильтрометром. В дно шурфа вдавливают кольцо диаметром 30-50 см. В кольцо подают воду, уровень которой поддерживают постоянным. После

стабилизации расхода рассчитывают коэффициент фильтрации (в м/сут).

$$K_ф = a*E*Q, \ где$$

- a – коэффициент, зависящий от глубины вдавливания кольца в грунт (L) и диаметра кольца d:

L/d	до 0,03	0,04	0,05
a	1,06	1,08	1,1

- E – коэффициент, значение которого зависит от суммы H+Z и диаметра кольца (H – высота капиллярного поднятия, Z – высота слоя в литрах).
- Q – количество фильтрующейся через породу воды, $м^3$/сут [9].

Миграционные свойства устанавливаются в полевых или лабораторных условиях. Полевые опытные работы включают в себя:

- налив индикаторного раствора в миграционную скважину,
- последующая откачка из этой скважины или из реагирующей скважины.

Обычно создают специальные миграционные кусты, состоящие из одной центральной и до трех наблюдательных скважин. Иногда они совмещаются с опытно-фильтрационными работами.

Техногенные изменения подземной гидросферы (подъем уровня грунтовых вод, заболачиваемость и др.) могут нарушить ландшафт, изменить поверхностный сток, повлиять на развитие карста, просадок и т.д. Подобные изменения выявляются с помощью дешифрирования аэрокосмоснимков, маршрутных исследований и гидрогеологических работ.

Данные о качестве, величине отбора подземных вод и ее изменении, развитии депрессионной воронки, характере загрязнения и об истощении ресурсов получаем при обследовании водозаборов.

Таблица 6 даёт представление об используемых методах при гидрогеологических исследованиях.

Таблица 6

Виды и объекты гидрогеологических исследований	**Методы исследований**
Определение фильтрационных свойств пород	Геофизические Опытно-фильтрационные
Определение миграционных свойств	Опытно-миграционные
Сорбционные свойства пород	Лабораторные
Выявление характера загрязнения	Гидрогеологическое опробование Гидрохимическое опробование
Выявление участков загрязнения	Геофизическое
Выявление участков радиоактивного загрязнения	Радиометрические
Изучение водозаборов	Режимные наблюдения Гидрогеологическое опробование
Влияние изменений подземной гидросферы на геологическую среду	Гидрогеологическое опробование Аэрокосмические исследования Маршрутные исследования

Вопросы для проверки:

- От чего зависит характер загрязнения подземных вод?
- Перечислите факторы защищенности грунтовых вод.
- Какие методы применяются при гидрогеологических исследованиях?
- Как определить фильтрационные свойства пород?
- Как определить миграционные свойства загрязняющих элементов?

8. Инженерно - геологические исследования

Инженерно-геологические исследования, проводимые для оценки экологического состояния геологической среды, включают в себя изучение:

- особенностей состава, строения и свойств горных пород, которые определяют их прочность, деформируемость, устойчивость и водопроницаемость;
- техногенных пород;
- экзогенных процессов.

Изучение пород проводятся вблизи источников загрязнения и для сравнения на участке, не затронутом техногенным воздействием. Выделяются литолого-фациальные комплексы, петрографические типы, приводится характеристика состава и свойств горных пород и изменение этих свойств под влиянием природной и техногенной деятельности.

В процессе хозяйственной деятельности образуются техногенные породы, которые могут быть:

- измененными, т.е. претерпевшими какие-либо изменения, но оставшиеся на месте залегания;
- переотложенными, которые возникают при их перемещении в результате техногенного воздействия (обвалы, насыпи и т. д.);
- переработанными, иногда до полного изменения химического и минералогического состава, например, в результате складирования отходов и др. [12].

При исследовании техногенных пород оконтуривается их площадь, определяется мощность, состав, свойства, условия формирования и направленность изменения.

Площади техногенных пород выделяются по аэроснимкам и в наземных маршрутах. Техногенные породы неоднородны и характеризуются частым изменением строения, состава и свойств. Поэтому, помимо опробования по профилям, необходимы ре-

жимные наблюдения, в процессе которых собираются данные о плотности, влажности, загрязненности техногенных пород и развитии в этих местах геологических экзогенных процессов.

Экзогенные геологические процессы (ЭГП) развиваются под действием как природных, так и техногенных факторов. Наиболее высокую опасность для людей и хозяйственных объектов представляют сели, оползни, лавины, карст, обвалы и осыпи. На хозяйственные объекты так же влияют просадки, подтопление, овражная и речная эрозия и др. Для сельскохозяйственных угодий большой вред наносят плоскостная эрозия, дефляция, засоление и заболачивание.

В процессе дешифрирования аэрокосмических снимков и маршрутных исследований обозначаются места проявлений ЭГП, определяется скорость их развития, направленность и дается оценка степени опасности.

Методы, применяемые в инженерно-геологических исследованиях, приведены в таблице 7.

Таблица 7

Виды и объекты инженерно-геологических исследований	**Методы исследований**
Выделение литолого-фациальных комплексов и петрографических типов	Горно-буровые Лабораторные
Изучение физико-механических свойств пород и их изменение под влиянием техногенной нагрузки	Буровые Геофизические Литогеохимические Лабораторные
Источник техногенного загрязнения	Аэрокосмические Наземные маршруты
Техногенные породы (мощность, литология), их изменения во времени	Аэрокосмические Горно-буровые Геофизические Литогеохимические
Эндогенно-геологические процессы	Аэрокосмические Наземные маршруты

Вопросы для проверки:

- Перечислите виды инженерно-геологических исследований.
- Как подразделяются техногенные породы?
- Какие методы используются при инженерно-геологических исследованиях?

9. Геокриологические исследования

Геокриологические исследования включают:

- определение глубины залегания мерзлых пород, их мощности, суммарной влажности и плотности, наличия повышенной льдистости;
- инженерно-геокриологическое расчленение разреза;
- изучение динамики сезонного протаивания и промерзания пород, температуры пород в слое годовых колебаний температур, распределения температуры ниже этого слоя и т.д;
- определение изменения качества, температуры и динамических характеристик подземных вод и др. (табл. 8).

Таблица 8

Виды и объекты геокриологических исследований	**Методы исследований**
Определение глубины залегания мерзлых пород, их мощности, наличия в разрезе зон повышенной льдистости	ВЭЗ ВП, ВЭЗ
Определение объемной влажности и плотности горных пород	Радиоизотопный каротаж
Инженерно-геокриологическое расчленение разреза, изучение температуры и криогенного строения пород, опробование пород	Зондировочно-картировочное бурение
Изучение сезонно-мерзлых и сезонно-талых пород	Проходка шурфов
Определение суммарной влажности и льдистости мерзлых пород	Полевые, лабораторные
Изучение температурного режима пород и подземных вод, динамики сезонного промерзания и протаивания пород, изменения экзогенных геологических процессов	Стационарные наблюдения

Исследование проводятся на опорных участках, выделенных по данным о геокриологических условиях и техногенной нагрузки в результате дешифрирования аэроснимков.

Вопросы для проверки:

- Перечислите виды геокриологических исследований.
- Какие методы применяются при геокриологических исследованиях?

10. Методика геолого-экологических исследований

10.1. Этапы геоэкологических исследований

Геоэкологические исследования проходят в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный.

Подготовительный этап работ включает:

- сбор, обобщение и анализ имеющейся информации по геологии, геохимии, геофизики, эрозионным процессам, характеру почв, подземного и поверхностного стока, загрязнению атмосферы, гидросферы и литосферы, переносу загрязняющих веществ, в том числе и радиоактивных, о состоянии здоровья населения и т.д.;
- сбор материалов о техногенных объектах (расположение, особенности технологии, отходы и т.д.);
- периодическое дешифрирование аэро-и космоснимков различного масштаба.

В результате обработки собранных материалов составляются предварительные рабочие карты, выделяются контрольные участки, обосновываются виды и объемы работ, составляются проект и смета. Проект должен предусматривать наиболее экономичные способы дальнейших исследований, передовые технологии, прогрессивные методики организации труда [20].

Сбор фактического материала происходит ***во время полевого этапа***, который состоит из аэронаблюдений за состоянием геологической среды, наземных маршрутов (см. раздел 4), геохимических, радиометрических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований. В процессе работ отбираются пробы почв и подземных вод, донных отложений, растительности, атмосферного воздуха, осадков, снежного покрова.

Во время камерального этапа работ анализируются собранные пробы, обрабатываются полученные результаты, составляются карты и дается экологическая оценка окружающей среды.

10.2. Методика полевых геоэкологических исследований

Пробы почв, пород, растительности и снежного покрова отбираются по сети, которая зависит от масштаба исследования, например, в масштабе 1:200000, она составляет в среднем 2х2 км, т.е. 1 проба на 4 км^2 (табл. 9), или 1 точка наблюдений на 1см^2 карты.

Опробование проводят конвертом размером 200*200 м. Проба каждого вида отбирается равномерно из пяти точек конверта.

Таблица 9

Масштаб	Сеть	пробы/км^2
1:1000000	10 × 10	1/100
1:500000	5 × 5	1/25
1:200000	2 × 2	1/4
1:100000	1 × 1	1/1
1:50000	0,5 × 0,5	1/0,25
1:25000	0,25 × 0,25	1/0,06
1:10000	0,1 × 0,1	1/0,01

При слабом изменении ландшафтов сеть опробования можно разрядить, например в масштабе 1:200000 одну пробу отбирают с 25 км^2.

При отборе проб почв, горных пород, биогенной массы выполняют горно-буровые работы, которые включают проходку шурфов и скважин. Глубина шурфов от 0,06 м до 5 м в зависимости от масштаба исследования, от глубины залегания плотной породы или появления воды.

Пробы почв отбираются снизу, из середины и с поверхности генетического горизонта. Глубина опробования в шурфах от 0,06 до 1,2 м. В очагах загрязнения дополнительно берется объединенный образец из 12-15 проб. Средний вес проб составляет около 300 г. Пробы отбираются в матерчатый мешочек. В журнале приводится описание почв: механический состав, цвет, структу-

ра, влажность, плотность, наличие бытовых и промышленных отходов и т. д.

Отбор подстилающих пород проводится по литологическим горизонтам до глубины залегания уровня подземных вод. Отобранные образцы весом до 0,5 кг упаковываются в мешочки, где указывается номер пробы. Дается описание образцов и генетического горизонта, его глубина залегания и мощность [19,21].

Разрезы, вскрытые шурфами и скважинами, проверяются на радиоактивность гамма-спектрометром или гамма-каротажем (на каждый горизонт одна точка).

Если необходимо в шурфах и скважинах провести атмогеохимические исследования, то пробы отбираются в стеклянные пробоотборники сразу после вскрытия исследуемого горизонта. Тут же газ десорбируют с помощью дегазатора под насыщенный раствор поваренной соли.

Донные отложения целесообразно отбирать по поперечному профилю русла, поэтому в каждой точке опробования получаем объединенную пробу из 3-5 образцов, взятых с глубины 20-40 см. Если дно русла покрыто техногенными илами, пробы берутся по всей мощности илового слоя. Масса пробы 200-300 г.

Донные отложения озер отбираются вне литоральной зоны по слоям или в виде объединенной пробы. Для этого используются пробоотборники: дночерпатели, драги, стратиметры, трубки. В болотах пробы берут с верхнего слоя торфяника до глубины 20-30 см.

Пробы помещают в отдельные герметически закрытые сосуды и хранят в охлажденном (от 0 до 3°) или замороженном состоянии (до -20°), в дневнике проводят морфологическое описание [9].

Опробование донных отложений обычно совмещается с гидрохимическим опробованием поверхностных вод. При мелко - и среднемасштабных исследованиях водотоки длинной 5-10 км анализируются в верховье и приустьевой части. Более протяжен-

ные – в среднем через 5-10 км, интервалы опробования крупных рек – 10-25 км.

При крупномасштабных исследованиях отбор проб производится через 1-3 км, а в зонах влияния конкретных источников сеть сгущается [19].

Опробованию подлежат участки впадения притоков и участки, наиболее подверженные техногенному загрязнению, например, места сброса сточных вод и т. д.

Пробы воды берутся у берега и стрежня с поверхности воды, на определенных глубинах (0,5; 3 м от дна) и со дна.

На мелких водотоках пробы отбираются на стрежне реки с глубины 0,2 м. Объем одной пробы около 5 л. Смешанные пробы представляют средние данные о составе воды.

Пробы отбираются вручную или автоматически. Для глубинных проб используются батометры. Хранят пробы в чистой полиэтиленовой или стеклянной посуде, закрытыми резиновыми пробками, в холодильнике при температуре 3-5° [19,20,21].

Опробование снежного покрова производится на всю его мощность. Во второй половине зимы по профилям (2-3 профиля на один лист съемки), ориентированных по направлению розы ветров, или по сети опробования берутся пробы из снегового шурфа.

Пробы отбираются с учетом элементов рельефа: на водоразделах, склонах, террасах, поймах рек, вблизи лесозащитных полос; на участках газопылевых выбросов сеть опробования сгущается. В точке наблюдения определяется мощность снега, плотность при помощи снегомера, описывается рельеф, растительность и степень загрязнения снега. Для получения 3 - 4 литров оттаявшей воды необходимо 5 - 7 кг снега. Одно десятилитровое ведро снега соответствует приблизительно 3 литрам оттаявшей воды. Оттаивание происходит при комнатной температуре.

Пробы атмосферного воздуха на содержание пыли отбираются воздухоотборниками в основном в местах техногенного за-

грязнения. Наиболее распространенный метод отбора проб – фильтрование. Продолжительность отбора при определении разовых или среднесуточных концентраций составляет 20-30 минут, при непрерывном отборе – 24 часа. Для определения концентраций пыли у поверхности земли пробы берутся на высоте от 1,5 до 3,5 м. Для каждого техногенного объекта устанавливают предельно-допустимый выброс – ПДВ и временно согласованные выбросы – ВСВ [9].

Пробы растительности отбирают одновременно с пробами почв. Отбирают простые (один вид растения в одной точке) или составные пробы. Исследуются лишайники, мхи, молодые ветви кустарников и деревьев, желательно засохших. При опробовании культурных растений отбираются те части, которые употребляются в пищу. Вес пробы в сыром виде около 1 кг.

Для исследования подземных вод пробы берутся из скважин родников, реже из колодцев. Количество скважин зависит от масштаба и сложности работ. Например, в масштабе 1:200000 количество скважин колеблется от 5 до 11 на 1000 км^2. Из скважин пробы берутся после откачки.

При отборе проб, помимо специальных опробователей (типа ОГП, ОПК и др.), используются пробоотборники различных конструкций от простейшего (бутылка с пробкой и грузом на шнуре) до современных, которые обеспечивают отбор проб воды и газа из скважин больших глубин. В процессе отбора пробы фильтруются и тут же проводятся химико-аналитические исследования.

Опробование техногенных пород осуществляется в основном скоростными методами по профилям, проходящим через эти отложения от источника к границам зоны их влияния.

Радиометрические определения (пешеходные) производятся во время маршрутов на высоте 1 м от поверхности земли. Наблюдения ведутся на площадке 5х5 м по углам и в центре, берется средний результат.

При радиогеохимических наблюдениях исследуются поверхность и разрез по каждому литологическому горизонту.

Проба грунта отбирается при помощи металлического цилиндра диаметром 14 см и высотой 5 см. Образцы запаковываются в полиэтиленовые пакеты. Пробы из шурфов (глубиной 0,7 - 1,0 м) отбираются послойно снизу вверх бороздовым методом. Глубина борозды 5-7 см. Мощность опробованных слоев 2-5 см, ближе к поверхности она уменьшается.

Пробы воды берутся с помощью концентратора объемом 100-120 л. Перед отбором все оборудование промывают подкисленной водой (pH < 3).

В концентратор с водой добавляют растворы солей и растворы, вызывающие выпадение осадка (феррицианиды, сода, щелочи, соли меди, никеля). Через некоторое время выпадает окрашенный осадок. Он сливается в канистры, доставляется на полевую базу. Через 1-2 суток, когда объем раствора, сократится до 1 литра, можно проводить гамма-спектрометрические исследования [12].

При поиске, разведке и разработке месторождений документируются нарушения рельефа, растительности, почв, экзогенные геологические процессы; оцениваются нарушения технологии производства: утечки загрязненных вод, места их сбросов, наличие свалок и т. д.; определяется площадь загрязнения, возможные пути миграции поллютантов; изучаются техногенные породы.

В районах, прилегающих к техногенным объектам, в том числе к месторождениям, кроме сетевого опробования применяют метод створов или радиально-лучевой метод.

От объекта по преобладающему направлению розы ветров закладывается створ на расстоянии до 100 км с шагом опробования 0,5; 1,2 до 10 км, далее через 2-5 км в зависимости от масштаба до 30 км, далее с шагом 10 км. В противоположную сторону пробы отбираются через 0,5; 1, 2, 4, 10 км. Перпендикулярно к основному закладывается поперечный створ с шагом опробования 0,5; 1, 2, 4, 10 км.

Пробы почв и почвообразующих пород отбирают из шурфов с интервалом для первых 0-2, 2-5, 5-10 см и далее через 10 см, для вторых – через 20 см (но не менее трех образцов). Пробы подстилающих пород берутся из шурфов и скважин из каждого литологического горизонта, но не реже чем 0,5 м, а глубже 10 м – через 1 метр и с контактов пород [12].

При радиально-лучевом методе (отбор проб по трансектам) профили закладываются под разными углами к направлениям господствующих ветров, учитывая формы рельефа. Их протяженность колеблется от 1 до 100 км. Пробы отбираются через определённые интервалы, которые увеличиваются по мере удаления от объекта.

Вопросы для проверки:

- Охарактеризуйте этапы геоэкологического исследования.
- Как отбираются пробы почв, горных пород и биогенной массы?
- Как отбираются пробы донных отложений и поверхностных вод?
- Как проводятся атмогеохимические исследования?
- Охарактеризуйте опробование снежного покрова, атмосферного воздуха и растительности.
- Как отбираются пробы для исследования подземных вод?
- В чем отличие методики радиометрических определений от радиогеохимических?
- В чем заключается метод створов и радиально-лучевой метод?

11.Лабораторные исследования

11.1. Подготовка к анализу

Условия хранения проб, транспортировка и подготовка к лабораторным исследованиям должны соответствовать требованиям государственных стандартов.

Обработка литохимических проб выполняется в соответствии с инструкцией по геохимическим поискам. На полевых базах пробы обычно очищают, сушат, сортируют и измельчают. Последующая обработка происходит в лаборатории, там они растираются, просеиваются через сито 1 мм, истираются до 0,1 мм и отправляются на химический анализ.

Донные отложения из холодильной камеры направляют на гранулометрический анализ и для изучения форм нахождения элементов. Для химического анализа пробы высушиваются, растираются, просеиваются через сито 1 мм и истираются до 0,1 мм. Водную фазу берут на гидрохимический анализ.

При определении химических элементов в природных водах необходимо в день отбора разделить растворенные и взвешенные формы элементов при помощи ультрафильтрации через специальные фильтры под давлением, в результате чего будем иметь: взвесь на фильтрах, которая высушивается и хранится в чашках Петри, и фильтрат – часть воды, прошедшая через фильтры. Тут же проводятся анализы на компоненты, которые не могут долго храниться. Оставшиеся пробы осаждаются, упариваются и т.д. и отправляются в лабораторию для дальнейших исследований.

При изучении форм нахождения элементов, гранулометрического и минералогического анализов, для выявления поллютантов необходимо большое количество взвеси, которая получается при отстаивании 50-80 л воды в течение суток. После отстаивания вода сливается, а отстой досушивается в сушильном шкафу при температуре 50-60°С. Большие объемы взвеси (сепарационная взвесь) получают при центрифугировании.

Снеговая проба после оттаивания и фильтрования подразделяется на жидкую и твердую фракции. Жидкая фракция идет на гидрохимический анализ, твердая – сушится, просеивается через сито в 1 мм, взвешивается, механически истирается до 0,1 мм.

Пробы растений очищают от загрязнения, высушивают при температуре около 60°С, измельчают секатором до 3-10 мм, затем измельчают на мельнице до 1-2 мм. Часть проб проходит озоление при температуре 400°С.

Водные растения, не промывая, размещают на листах кальки, высушивают, отделяют сорбированную взвесь, которую в дальнейшем можно использовать как отстой и сепарационную взвесь.

11.2. Лабораторные методы

Химический состав отобранных проб анализируется различными химическими и физико-химическими методами: эмиссионным спектральным, атомно-абсорбционным, рентгено-флуоресцентным, нейтронно-активационным и др.

Содержание естественных радиоактивных элементов (U, Th) определяют рентгеноспектральным методом. Легкоподвижные формы урана исследуются люминесцентным и лазерным анализами. Калий-40 вычисляют по общему содержанию калия, который находят с помощью пламенной фотометрии или атомной абсорбции. Радий измеряют радиохимическими методами или комплексным нейтронно-активационным методом, цезий-137 – гамма-спектрометрическим, стронций-90 – методом бетарадиометрии (табл. 10).

Таблица 10

Виды и элементы исследований	Лабораторные методы исследований
Химический состав почв, пород, донных отложений, снежного покрова, вод и растительности	Эмиссионный спектральный Атомно-абсорбционный Рентгенофлуоресцентный Нейтронно-активационный
Атмосферный воздух	Газохроматография Кулонополяграфический Рентгенофлуоресцентный Лазерный
Неорганические вещества	Атомно-абсорбционный Спектрофотометрический Ионная хромотография и др.
Органические вещества	Титрометрия Фотометрия Хромотографический
Пестициды	Газовая и жидкостная хроматография
Ртуть	Атомно-абсорбционый (беспламенный)
Естественные радиоактивные элементы (уран, торий)	Рентгеноспектральный
Легкоподвижные формы урана	Люминисцентный Лазерный
Калий	Пламенная фотометрия Атомная абсорбция
Радий	Радиохимический Нейтронно-активационный
Цезий-137	Гамма-спектрометрический
Стронций-90	Бетарадиометрия

Для изучения химического состава вод применяется полный количественный анализ, определяются макро- и микрокомпоненты, исследуется содержание пестицидов, нефтепродуктов и фенолов.

Неорганические вещества анализируются с помощью атомно-абсорбционного метода, спектрофотометрического, ионной хроматографией и др. Органичекие вещества определяются методами титрометрии, фотометрии, спектрофотометрии, инструментальными хроматографическими. Для нахождения пестицидов применяют газовую и жидкостную хроматографию.

Исследование атмосферного воздуха проводят газохроматографическими или кулонополяграфическими методами и с помощью лазерных и газовых анализаторов (см. табл.10).

Эмиссионный спектральный анализ – метод определения химического состава вещества по его спектру излучения с помощью спектральных приборов (спектроскопов, спектрографов, спектрофотометров).

Преимуществом метода является возможность одновременного определения значительного числа элементов из одной пробы при минимальном ее расходе (несколько мг). Чувствительность метода колеблется от 10^{-2} до 10^{-5}%.

Эмиссионный спектральный анализ позволяет проводить приближенно-количественное и качественное (индивидуальное и групповое) определение почти всех элементов в пробах почв, пород, донных осадков, снежного покрова, вод и растительности.

Приближенно - количественный анализ проводится на 37-40 элементов (бор, бериллий, барий, ванадий, висмут, вольфрам, гафний, германий, гелий, золото, иттрий, иттербий, индий, кобальт, кадмий, литий, лантан, молибден, марганец, мышьяк, медь, никель, ниобий, олово, ртуть, свинец, стронций, сурьма, серебро, скандий, титан, торий, тантал, таллий, уран, фосфор, хром, цирконий, цинк, церий).

Количественный анализ выполняется на три элемента (мышьяк, сурьма, фтор).

Групповой количественный анализ проводится на 17 элементов (свинец, цинк, никель, кобальт, ванадий, хром, олово, медь, титан, марганец, серебро, германий, вольфрам, молибден, кадмий, бор, висмут).

Основными способами проведения анализов являются возбуждение атомов химических элементов: для металлов в вольтовой дуге или в электрической искре, для порошковых проб – на угольном или металлическом электроде, для газов – в гейслеровской трубке.

Наиболее эффективным является атомно-эмиссионный метод с индукционной плазмой, который использует в виде источника возбуждения высокочастотный индукционный разряд в аргоне. Он обладает высокой точностью измерений, достаточной чувствительностью, одновременным определением макро- и микрокомпонентов, большой производительностью, возможностью автоматизации процесса.

Атомно-абсорбционный метод подразделяется на беспламенный (чаще всего применяется для определения ртути) и с пламенем, при котором образец растворяется под действием кислоты и вводится в пламя при помощи распылителя. Для определения химических элементов используется атомно-абсорбционные спектрофотометры типа "Сатурн", "Перкин-Элмер" и др. Метод обладает высокой точностью, высокой чувствительностью определения, и позволяет определить разные элементы из одного раствора.

Рентгенофлуоресцентные методы, в том числе и рентгеноспектральный, характеризуются довольно большой производительностью при малых затратах. Они используются для изучения аэрозолей, природных и сточных вод, растительности и биологического материала. Пробы воды и растительности предварительно обогащают методами сорбции, озоления и др. Рентгенофлуоресцентный метод позволяет определить формы нахождения элементов.

Нейтронно-активационный метод состоит из инструментального и радиохимического анализов. Предел обнаружения элементов от 10^{-3} до 10^{-6}%. Данным методом можно анализировать пробы с повышенным содержанием органики.

Инструментальный нейтронно-активационный анализ используется для определения элементов в почвах и растениях. Радиохимический – для определения элементов-загрязнителей в воздухе, воде, снеге, удобрениях, донных осадках, растительности, продуктах [13].

Для математической обработки результатов анализов существуют разнообразные программы (одна из них "ГЕОСКАН-200" разработана в ИМГРЭ), которые позволяют выделить геохимический фон с учетом ландшафтного районирования и гидрогеологического разреза.

По данным анализов рассчитывается степень экологической опасности, строятся геоэкологические карты и т.д.

Вопросы для проверки:

- В чем заключается подготовка проб к анализу?
- Перечислите лабораторные методы исследований.
- Как проводится эмиссионный спектральный анализ?
- Охарактеризуйте атомно-абсорбционный метод.
- В чем заключается рентгенофлуоресцентный метод?
- Чем характеризуется нейтронно-активационный метод?

12. Геолого-экологическое картографирование

Данная глава составлена по материалам В.Н. Островского и Л.А. Островского [18].

12.1. Геолого-экологические карты

Геолого-экологические карты представляют собой картографическое изображение геологической среды и происходящих в ней процессов, способных влиять на окружающую среду и здоровье человека.

Карты составляются на двух листах.

Первый лист – экогеологическая карта – отображает информацию о естественном состоянии компонентов геологической среды (ландшафтные системы, литогенная основа ландшафтов, геолого-тектонические и гидрогеологические условия, геохимические особенности почв, пород, донных осадков, вод, растительности, геодинамические процессы) и их изменении, о техногенных системах и объектах.

Второй лист – карта экологической оценки геологической среды – показывает обобщенное экологическое состояние геологической среды, отражает изменение экологического состояния, и необходимые природоохранные мероприятия.

Перечисленные карты и карта фактического материала относятся к **обязательным**. Для составления обязательных карт необходимо иметь **вспомогательные**, которые подразделяются на аналитические, отражающие фактическую информацию, и синтетические, дающие обобщенную информацию.

К **аналитическим** относят карты техногенных объектов, концентраций отдельных элементов в изолиниях, гамма-поля, проницаемости пород зоны аэрации, их засоленности, нефтезагрязнения, проявлений отдельных геологических явлений и т.д.

Среди **синтетических** выделяют карты ландшафтно-индикационную, литогеохимическую, гидрогеохимическую, радиогеохимическую, защищенности подземных вод и др. [11,16,20].

12.2. Составление геолого-экологических карт

12.2.1. Методика составления геолого-экологической карты

Методика рассматривается на примере составления геолого-экологических карт масштабов 1:100000 - 1:200000.

Сложная и разнообразная нагрузка геолого-экологических карт требует большого объема исходных материалов, среди которых:

- геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические, литогеохимические, радиогеохимические, ландшафтные и др. карты;
- аэрокосмические снимки;
- фактический материал, полученный в результате геоэкологических исследований;
- информация о хозяйственной деятельности и ее влияния на геологическую среду, о ресурсах подземных вод, о гидрологических условиях, о результатах медико-экологического обследования населения.

На топографическую основу наносят данные о естественном состоянии геологической среды, ее изменении и техногенные объекты.

Естественное состояние геологической среды

Состояние геологической среды будет считаться естественным, если среда подвержена техногенному изменению не более чем на 10%.

Фоном для экологических данных являются ландшафтно-геологические показатели, которые влияют на миграцию загряз-

няющих веществ, потенциал самоочищения почв, развитие геологических процессов, защищенность подземных вод от загрязнения и др. (табл.11).

Типизация ландшафтных систем и их геологической основы разработана сотрудниками ВСЕГИНГЕО. На карте отображаются ландшафтно-климатические зоны: арктическая (А), субарктическая (Б), бореальная (В), суббореальная северная гумидная (Г), суббореальная типичная (Д), суббореальная южная (Е); высотно-ярусные (Ж) и интрозональные (З) ландшафты. К интрозональным ландшафтам относятся долины крупных рек, пересекающие несколько зон.

Зоны подразделяются на подзоны в зависимости от состава почв и растительности. Например, в суббореальной северной гумидной зоне одной из подзон будет широколиственная лесная с серыми и бурыми почвами ($Г_1$).

Следующий таксон – морфогенетические типы и подтипы рельефа. Типы рельефа различаются по тектоническому строению: платформенные, орогенные и переходные; подтипы – по генезису морфоструктур и морфологическим признакам. На карте они обозначаются соответственно римскими и арабскими цифрами, а их границы часто совпадают с ландшафтами.

Пример:

- $Г_1$-I – аккумулятивные и пластово-аккумулятивные равнины, сложенные четвертичными отложениями различного генезиса;
- $Г_1$-I-2 – пластово-аккумулятивные ступенчатые, наклонные, субгоризонтальные равнины;

Более мелкие таксоны – морфогенетические комплексы и группы.

Характеристика ландшафтных зон.

Таблица 11

Ландшафтные зоны	Континентальные процессы	Интенсивность геологической миграции	Характер геохимической миграции	Потенциал самоочищения почв		Преобладающие экзогенные геологические процессы
				От минеральных веществ	От органических веществ	
1	2	3	4	5	6	7
Арктическая Субарктическая	Области развития многолетней мерзлоты	Слабоинтенсивная миграция, к югу интенсивность увеличивается	Кислый тип: хорошо мигрируют тяжелые элементы, плохо – органические вещества	Высокий	Низкий	В южной части заболачивание, карст, оползни и др.
Бореальная Суббореальная северная гумидная Суббореальная типичная	Выщелачивание, сменяющееся к югу засолением	Интенсивная миграция	Кислый тип, реже кальциевый	Средний	Средний	Овражная эрозия, просадки, суффозия, карст, оползни.

1	2	3	4	5	6	7
Суббореальная южная	Засоление	Невысокая интенсивность	Кальциевый, натриевый, сульфатный, хлоридный тип	Низкий	Высокий	Засоление почв, просадки, дефляция
Горные ландшафты	Преобладает выщелачивание	Разнообразная	В зависимости от климата от кислого до хлоридного	Соотношение потенциалов меняются в соответствии с поясностью		Обвалы, сели, оползни, солифлюкция и др.

Морфогенетические комплексы выделяются по формам рельефа второго порядка и их генезису и обозначаются строчными буквами русского алфавита.

Пример:

- $Г_1$-I-2б – водораздельная слабоволнистая водно-ледниковая равнина, сформировавшаяся на денудационной поверхности юрских и каменноугольных терригенных и карбонатных пород, сложенная водно-ледниковыми и ледниковыми отложениями – аккумулятивный комплекс.

Морфогенетические группы делятся по формам рельефа третьего порядка, их генезису, составу почвообразующих пород и обозначаются на карте цифровым индексом около строчных букв.

Пример:

- $Г_1$-I-2$б_1$ – средне-верхнечетвертичная полого-волнистая, озёрно-ледниковая равнина, сложенная каменноугольными известняками и юрскими глинами, перекрытыми с поверхности перигляциальными и делювиальными суглинками, средними и тяжёлыми супесями мощностью от 1 до 5 м. Абсолютная отметка 150-190 м, относительное превышение 5-30 м.

На карте показываются геолого-тектонические условия, имеющие экологическое значение. К ним относятся новейшие тектонические движения (активные и слабоактивные поднятия и опускания) и разрывные нарушения (активные и пассивные).

Геохимические показатели (в естественных условиях их можно принять за фоновые) отражают на карте состояние почв, пород зоны аэрации, донных осадков, поверхностных и подземных вод. Причем, в последних показатели указываются отдельно для безнапорного (верхнего грунтового) и субнапорного горизонтов.

Повышенные концентрации элементов подразделяются на четыре степени экологической опасности:

- допустимую;
- умеренно-опасную;
- опасную (кризисная ситуация);
- чрезвычайно-опасную (катастрофическая ситуация).

При определении степени экологической опасности используют ГОСТы, ПДК и др. (см. приложение 1-4).

На карте нормируемые компоненты показываются полосчатой закраской в зависимости от степени опасности: зеленой (допустимые), желтой (умеренно-опасные), коричневой (опасные), красной (чрезвычайно-опасные), цветными линиями и знаками.

Широкие полосы характеризуют почвы и породы зоны аэрации (цветной штриховой фон – почвы, цветной знак внутри полос – породы), узкие полосы – подземные воды (рис. $1^{а}$).

Цвет штриховки узких полос обозначает содержание компонентов в водах безнапорного горизонта, а наклон полос– субнапорного (горизонтальные полосы – допустимое содержание, наклон вправо – умеренно опасное, наклон влево – опасное, вертикальные полосы – чрезвычайно-опасное). Если субнапорный

горизонт отсутствует, используются горизонтальные полосы с ограничителем синего цвета.

Цвет гидросети и береговой линии водоемов характеризует поверхностные воды, а знаки на линиях рек – донные осадки, (рис. $1^{б}$).

а) б)

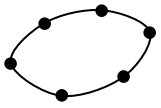
рис. 1

Токсичные компоненты (тяжелые металлы, нефтепродукты, органические соединения, радон, метан, бактерии), содержание которых достигает опасных и чрезвычайно опасных концентраций, показываются псевдоформулой: в числителе – в почвах или поверхностных водах, в знаменателе – породах или донных осадках.

Пример: $\frac{\text{Fe (Cr Pb)}}{\text{Cd (N Fe)}}$, где:

без скобок – естественные условия, в скобках – нарушенные. Цвет символов соответствует концентрации: коричневый – опасные, красный – чрезвычайно опасные концентрации.

Выделяются контуры (красного цвета) повышенной активной радиации с эквивалентной дозой естественного гамма-излучения, превышающей $170*10^{-2}$ $м^3$ в год.



Гидрогеологические условия. На карту выносятся участки распространения вод хозяйственно-питьевого назначения, минерализация которых менее или более 1 г/л (в аридной зоне менее или более 1,5 г/л), участки низкого содержания фтора (< 0,3 мг/$дм^3$), гидротермические аномалии и зоны.

Обеспеченность территории естественными ресурсами подземных вод для питьевого водоснабжения оценивается модулем подземного стока (л/с км^2) и подразделяется на централизованное водоснабжение (B_1>10), преимущественно централизованное (B_2 от 1 до 10), децентрализованное (B_3 от 0,1 до 1), и необеспеченное (B_4 < 0,1).

Критерии оценки защищенности подземных вод предложены В.Н. Островским и Л.А. Островским. Защищенность оценивается в баллах (см. прил. 5).

Общая оценка проводится по среднему баллу:

- защищенные < 2
- относительно защищенные – 2,1 - 4,4
- слабозащищенные – 4,5 - 6,8
- незащищенные > 6,8

В криолитозоне оценивается защищенность подмерзлотных вод (Р), которая рассчитывается по отношению площади с многолетнемерзлыми породами к оцениваемой территории.

Выделяются три категории:

- Р>0,9 – сплошная мерзлота, подмерзлотные воды относятся к защищенным;
- Р от 0,5 до 0,9 – прерывистая;
- Р от 0,1 до 0,5 – островная;
- Р<0,1 – мерзлота практически отсутствует.

Защищенность оценивается по критериям, рассмотренным в приложении 5.

Оценка защищенности в районах с прерывистой и островной мерзлотой рассчитывается по формуле:

$$N=2P+n_{ср}\ (1-P),$$

где:

N – общий балл защищенности подземных вод,

$n_{ср}$ – средний бальный показатель для талых пород, взятый из приложения 5.

На карте защищенность безнапорных вод показывается ориентировкой знака, отображающего породы зоны аэрации (– защищенные, – относительно защищенные, – слабо защищенные, – незащищенные), субнапорных или напорных вод – знаком соответственного цвета.

Среди геологических процессов картографируются эндогенные: вулканы (действующие, потухшие, грязевые), эпицентры землетрясений, аномальные геофизические поля (гравитационные, магнитные и др.),экзогенные процессы: оползни, обвалы, оврагообразование, речная эрозия, заболачивание, засоление и т.д.

Экзогенные процессы подразделяются по активности (активные и стабилизировавшиеся) и интенсивности (пораженность территорий в процентах).

Виды процессов обозначаются буквами, например,

ОС – осыпи.

Активность обозначается условными знаками, например,

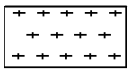
– активные осыпи,

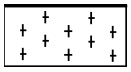
– стабилизировавшиеся осыпи.

В криолитозоне выделяются: глубина сезонного протаивания и промерзания грунтов, температура пород в подошве слоя годовых колебаний, площади распространения таликов. Отдельными условными обозначениями показывается объемная льдистость пород в процентах:

– слабольдистые <20%

– среднельдистые от 20 до 30%

 – сильнольдистые от 30 до 40%

 – весьма сильнольдистые >40%.

Условные знаки, относящиеся к криолитозоне, вычерчиваются зеленым цветом.

Интенсивность проявления геологических процессов отображается в виде псевдоформулы, например,

10эр 30зб – пораженность территории речной эрозией достигает 10%, заболачиванием – 30%.

Если на территории присутствуют некриогенные и криогенные процессы, то формула дается в виде дроби, где в числителе– пораженность территории некриогенными процессами, в знаменателе – криогенными.

Техногенные системы и объекты

Техногенные системы и объекты, влияющие на экологию, по характеру производственной деятельности подразделяются на:

- промышленные (энергетические, горнодобывающие, перерабатывающие),
- транспортные (наземные, подземные),
- сельскохозяйственные (земледельческие, животноводческие).

Техногенные системы отображаются условным знаком, например:

◑ – месторождение цветных металлов.

Цвет знака показывает степень экологического воздействия: черный (или синий) – умеренное воздействие, красный – опасное.

У знака техногенной системы изображается вид редкого ископаемого в виде химической формулы:

◑ – Cu (Pb, Zn, Ag), где в скобках даны попутные элементы.

У техногенной системы, производящей сброс или выброс, ставится стрелка:

Способ добычи полезных ископаемых обозначается дополнительной рамкой вокруг условного знака добываемого сырья:

– закрытый,

– открытый,

– выщелачиваемый.

Условные знаки техногенных объектов изображаются двумя цветами: коричневым – умеренно-опасные, красным – опасные. К техногенным объектам относятся участки захоронения жидких токсичных отходов, радиоактивных, твердых промышленных; свалки бытовых отходов, карьеры, терриконы и т.д.

Изменения геологической среды

Изменения геохимических условий под влиянием хозяйственной деятельности характеризуется степенью загрязнения:

- допустимое,
- умеренно-опасное,
- опасное,
- чрезвычайно-опасное.

Критерии выделения степени загрязнения даны в приложении 1–4.

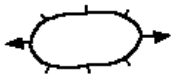
Загрязнение необходимо оценивать с учетом токсичности загрязняющих веществ. При сильном радиоактивном загрязнении площадь относят к категории экологического бедствия.

Способы отображения на карте такие же, как и для естественных условий, но закраска полос сплошная, а не штриховая.

Дополнительно показывается загрязнение подземных вод на водозаборах цветным (по степени загрязнения) знаком .

В список токсичных элементов, изображающихся в виде псевдоформулы, добавлены пестициды, хлорфенолы, диоксины, канцерогенные вещества, радионуклиды (для почв и пород), радон, воды повышенной минерализации, возбудители паразитарных болезней и микозов человека (в подземных водах).

На карту наносятся зоны депрессий, образованных в результате эксплуатации водозаборов и шахтного водоотлива, участки подпора подземных вод в районах водохранилищ, городов и т.д. Отражается их динамика (увеличение, уменьшение) с помощью направленности стрелок, например,

 – участки подпора подземных вод.

Стрелки не показываются, если состояние стабильно.

Картографируются границы интрузий морских вод в водоносные горизонты , истощение ресурсов подземных вод на водозаборах, изменение минерализации (крапом черного цвета – уменьшение, красного – увеличение), изменение температуры подземных вод (техногенные гидротермические аномалии).

В результате хозяйственной деятельности активизируются геологические процессы и возникают новые, такие как заболачивание, проседание и т.д. Активизированные процессы изображаются знаками красного цвета. Картографируются:

- эпицентры наведенных землетрясений ,
- зоны повышенной сейсмичности ,
- проседания земной поверхности в результате добычи нефти и газа – Vн,
- проседание в результате добычи твердых полезных ископаемых — – Vn,
- проседание в результате отбора подземных вод – Vв.

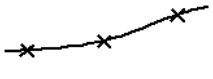
Техногенные породы отображаются площадным знаком, если позволяют масштабы карты, и внемасштабным:

◭ t_1 – техногенно измененные породы,
◭ t_2 – техногенно переотложенные породы,
◭ t_3 – техногенно образованные породы.

Экологическая опасность деградации земель оценивается по таблице (приложение 6).

К критериям изменения природной среды относится степень нарушения среднегодового поверхностного стока:

- слабая – менее допустимой нормы изъятия стока,
- умеренная – от 1 до 1,5 норм,
- сильная – от 1,5 до 2 норм,
- весьма сильная – более 2 норм.

На карте она отражается условным знаком  , соответственно зеленого, желтого, оранжевого и красного цвета.

12.2.2. Методика составления карты оценки экологического состояния геологической среды

Основой карты, которая определяет особенности геохимической миграции, являются бассейны подземного и поверхностного стока: регионы, провинции, подпровинции, области, подобласти, районы, подрайоны.

Исходя из гидрогеологического районирования (Л.А. Островский и др.) регионы охватывают системы бассейнов подземных вод и обозначаются римской цифрой (III), провинции – бассейны подземных вод (III-2), подпровинции – бассейны напорных вод (III-2В).

Область выделяет группы бассейнов регионального стока безнапорно-субнапорных вод и соответствует поднятиям и впадинам рельефа (III-2В-4). В свою очередь области делятся на подобласти (III-2В-4^2).

Более низкой единицей являются районы, объединяющие группы бассейнов местного стока субнапорно-безнапорных вод (III-2В-4^2-3).

Они подразделяются на подрайоны, которые характеризуют бассейны местного стока.

Пример: III-2В-4^2-3^1, где:

III –Восточно-Европейская система пластовых безнапорных и напорных вод,

III-2 – Средне-Русский сложный бассейн пластовых безнапорных и напорных вод,

III-2В – Московский бассейн пластовых безнапорных и напорных вод,

III-2В-4 – Смоленско-Московская группа бассейнов регионального стока безнапорно-субнапорных пластовых вод,

III-2В-4^2 – Северо-Окский бассейн регионального стока,

III-2В-4^2-3 – Коломенская группа бассейнов местного стока безнапорно-субнапорных вод,

III-2В-4^2-3^1 – Нижне-Московский бассейн местного стока.

Оценка экологического состояния геологической среды проводится с использованием бальной системы, разработанной с учетом действующих экологических нормативов, по частным и интегральным критериям (приложение 7).

К частным критериям относятся:

- загрязнение или повышенные концентрации токсичных веществ в почвах, породах, донных осадках, подземных водах (безнапорных, субнапорных или напорных), поверхностных водах;
- защищенность от загрязнения подземных вод;
- истощение ресурсов подземных вод (или обеспеченность территории естественными ресурсами подземных вод);
- оценка опасности проявлений эндогенных процессов;
- оценка опасности проявлений экзогенных процессов;
- оценка опасности льдистости пород (в криолитозоне);

- температурное состояние многолетнемерзлых пород;
- нарушение среднегодового поверхностного стока.

Интегральный критерий оценки экологического состояния рассчитывается по среднему баллу

$$Б_{ср} = \frac{\sum Б}{n}, \quad \text{где}$$

∑Б - сумма баллов по всем показателям,

n - количество показателей.

Если территория характеризуется опасным и чрезвычайно опасным радиоактивным или чрезвычайно опасным химическим загрязнением, то экологическое состояние независимо от суммы баллов считается весьма неблагоприятным.

Экологическое состояние оценивается как

- благоприятное (зеленый цвет на карте),
- условно-благоприятное (желтый),
- неблагоприятное (оранжевый),
- весьма неблагоприятное (красный цвет)

и отображается условными знаками, применяемыми на первом листе (узкие и широкие полосы, наклон полос и т.д.)

На территории с неблагоприятной и весьма неблагоприятной обстановкой внемасштабным знаком красного цвета показываются факторы и процессы, определяющие состояние геологической среды, например,

Тн - загрязнение тяжелыми металлами.

Кроме того, отображается направленность изменений геологической среды:

- ухудшение,
- улучшение,
- стабилизация,

которая определяется в результате геолого-экологических исследований, в том числе и геомониторингу, литературным и фондовым материалам.

На карту наносятся сведения о воздействии геологической среды на здоровье человека и животных, о необходимых природоохранных мероприятиях, о возможной хозяйственной деятельности.

Вопросы для проверки:

- Что такое геоэкологические карты?
- Перечислите обязательные и вспомогательные карты.
- Какие исходные материалы требуются для составления геоэкологических карт?
- Дайте характеристику легенды геоэкологической карты.
- Дайте характеристику легенды карты оценки экологического состояния геологической среды.
- Как отображаются на картах токсичные компоненты?
- Как оценивается защищенность подземных вод?
- Как на картах отражается интенсивность геологических процессов?
- Назовите степени загрязнения и способы их отображения на карте.
- Перечислите частные критерии оценки экологического состояния геологической среды.
- Как рассчитывается интегральный критерий оценки экологического состояния геологической среды?
- Какими цветами и условными знаками отображается на карте экологическое состояние геологической среды?

Приложение 1

Показатели уровня загрязнения почв и донных осадков

Неорганическими соединениями, мг/кг*

Группы токсичных веществ	Допустимое		Умеренно опасное	Опасное	Чрезвычайно опасное
	Валовое содержание	Подвижные формы			
Кадмий	<5	<0,6	<5-8,5	8,5-34	>34
Свинец	<32	<6,0	32-64	64-150	>150
Ртуть		<2,1	2,1-3,5	3,5-7	>7
Мышьяк		<2,0	2,0-3,0	3,0-5,0	>5,0
Цинк	<91	<23	23-69	69-138	>138
Медь	<52	<3	3-4,5	4,5-7,5	>7,5
Кобальт	<50	<5	5,0-15,0	15,0-30,0	>30,0
Никель	<45	<4	4-8	8-13	>13
Молибден	<40		40-100	100-200	>200
Олово	<20		20-50	50-300	>300
Барий	<200		200-400	400-2000	>2000
Хром	<100	<6	6-12	12-19	>19
Ванадий	<150		150-200	200-250	>250
Фтор водорастворимый		<10	10-16	16-32	>32

Органическими соединениями, мг/кг**

Группы токсичных веществ	Допустимое	Умеренно опасное	Опасное	Чрезвычайно опасное
Хлоридные углеводороды (в том числе хлорсодержащие пестициды, ДДТ, ГХПГ, 2,4, - Д и пр.)	<0,1	0,1-0,5	0,5-1,0	>1
Нефть и нефтепродукты	180-360	360-540	540-900	>900
Бенз/а/пирен	<0,02	0,02-0,05	0,05-0,1	>0,1
Нитраты	-	-	-	-

Радиоактивными соединениями, Ки/км^2

Группы токсичных веществ	Допус-тимое	Умеренно опасное	Опасное	Чрезвычайно опасное
Радиоактивное загряз-нение, Ки/км	До 1	1-15	15-40	>40

* Даны лишь частично. Полный перечень приведён в "Порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами…", утверждённым Минприроды и Роскомзем РФ.

** ОДК, при отсутствии нормативов принимается равным удво-енному региональному фоновому содержанию элементов в незагряз-нённой почве.

Приложение 2

Показатели условия загрязнения пород зоны аэрации.

Химические вещества

Химические вещества (неорганические и органические)	**Степень концентрации (по отношению к ПДК или ОДК)**			
	Допустимая	**Умеренно опасная**	**Опасная**	**Чрезвычайно опасная**
1-го класса опасности (включая бенз/а/пирен, диоксины)	1	1-2	2-3	>3
2-го класса опасности	1	1-5	5-10	>10
3-го класса опасности (включая нефть и нефтепродукты)	1	1-10	10-20	>20

Радиоактивные элементы

Степень концентрации (по отношению к ПДК или ОДК)			
Допустимая	**Умеренно опасная**	**Опасная**	**Чрезвычайно опасная**
1	1-15	15-40	>40

Приложение 3

Критерии санитарно-гигиенической оценки опасности загрязнения питьевой воды и источников питьевого водоснабжения[1)]

Питьевые воды

Физико-химические показатели

Показатели	Степень концентрации (по отношению к ПДК, ОДК)			
	Допустимая	Умеренно опасная	Опасная	Чрезвычайно опасная
1	2	3	4	5
Содержание токсичных веществ первого класса опасности (чрезвычайно опасные вещества): -бериллий, ртуть, бенз/а/пирен, линдан 3,4,7,8 – диоксин[3)], дихлорэтилен, диэтил - ртуть, галлий, тетраэтилсвинец, тетраэтилолово, трихлорбифенил	В пределах гигиенических нормативов (ПДК)	1-2	2-3	>3

1	2	3	4	5
Содержание токсичных веществ второго класса опасности (высоко опасные вещества): -алюминий, барий, бор, кадмий, молибден, мышьяк, нитриты, свинец, селен, стронций, цианиды	В пределах гигиенических нормативов (ПДК)	1-5	5-10	>10
Содержание токсичных веществ третьего и четвёртого классов опасности (опасные и умеренно опасные вещества): -аммоний, никель, нитраты, хром, медь, марганец, цинк, фенолы, нефтепродукты, фосфаты (ПДК)	То же	1-10	10-15	>15
pH	То же	6,0-5,2	4-5,2	<4
Биологическое поглощение кислорода (БПК), мг/л	то же	-	8-10	>10
Химическое поглощение кислорода (ХПК), мг/л	то же	-	60-80	>80
Растворённый кислород, мг/л	>4	2-4	1-2	<1
Запах и привкус, баллы	Не более 2	2-3	3-4	5 и более
Плавающие примеси (плёнки, пятна масляные)	Отсутствуют	Яркие полосы или пятна тусклой окраски	Пленка, занимающая до 1/3 обозримой площади	Плёнка тёмной окраски, занимающая до 2/3 обозримой площади

Организмы, вызывающие эпидемическую опасность

Показатели	Степень концентрации (по отношению к ПДК, ОДК)			
	Допусти-мая	**Умеренно опасная**	**Опасная**	**Чрезвы-чайно опасная**
Питьевая вода централизованного водоснабжения				
Патогенные микроорганизмы (% положительных проб)	0	Единичная встречае-мость	Не более 10	Более 10
Коли – индекс[4)]	<3	3-50	>50	>50
Индекс колифага[5)]	0		Не более 10	10
Питьевая вода децентрализованного водоснабжения				
Патогенные микроорганизмы (% положительных проб)	0		Единичная встречае-мость	10 и более
Коли – индекс		Не более 100	>100	>100

Организмы-возбудители паразитарных болезней и микозов человека

Показатели	Степень концентрации (по отношению к ПДК, ОДК)			
	Допустимая	**Умеренно опасная**	**Опасная**	**Чрезвычайно опасная**
Кишечные патогенные[6] простейшие: цисты лямблий, дизентерийных амёб, балантидий, криптоспоридий	-	-	1-100	>100
Геогельминты: яйца аскарид, власоглавов, трихостронгилид	-	-	1-5	>5
Биогельминты: яйца тениид	-	-	1-10	>10
Актиномицеты, КОЕ/дм^3 – содержание колониальных еденицв 1 дм^3 воды	-	До 100	100-10000	>10000

Хозяйственные воды

Показатели	Степень концентрации (по отношению к ПДК, ОДК)			
	Допустимая	**Умеренно опасная**	**Опасная**	**Чрезвычайно опасная**
Содержание загрязняющих веществ (нитраты, фенолы, тяжёлые металлы, СПАВ, нефть, РОВ), ПДК	3-5	5-10	10-100	100
Хлороорганические соединения, ПДК	Менее 1	-	1-3	Более 3
Канцерогены, бенз/а/пирен, ПДК	Менее 1	-	1-3	Более 3
Площадь области загрязнения, км^2	Менее 0,5	0,5-3	3-5	Более 5
Минерализация, г/л	Менее 3	3-10	10-100	Более 100
Растворённый кислород, мг/л	Более 4	-	4-1	Менее 1

Примечания.

1. Степень опасности загрязнения источников питьевого назначения оценивается с учётом влияния пороговой концентрации веществ на санитарный режим водоёмов и барьерной способности используемой технологической схемы водоочистки.
2. Оценка опасности загрязнения веществами, не указанными в таблице, производится в соответствии с СанПиН 4630-88.
3. Для диоксинов допустимый уровень – 0,02 мг/л.
4. Коли-индекс – количество кишечных палочек в 1 дм^3 воды.
5. Индекс колифага (показатель вирусного загрязнения) – количество бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 1 дм^3 воды
6. Число возбудителей (цисты, яйца) в дм^3 воды.

ПДК – санитарно-гигиенические: 1 л – 1 дм^3 воды.

Приложение 4

Критерии оценки химического загрязнения поверхностных вод
(при стабильном загрязнении в течение не менее трёх лет)

Основные показатели

Показатели	Загрязнение			
	Допустимое	Умеренно опасное	Опасное	Чрезвычайно опасное
Химические вещества, ПДК				
1-2-й класс опасности	1	1-5	5-10	Более 10
3-4-й класс опасности	1	1-50	50-100	Более 100
ПХЗ-10*)				
1-2-й класс опасности	1	1-35	35-80	Более 80
3-4-й класс опасности	10	10-500	500	Более 500

Дополнительные показатели

Показатели	Загрязнение			
	Допустимое	Умеренно опасное	Опасное	Чрезвычайно опасное
1	2	3	4	5
Запахи, привкусы, баллы	2	2-3	3-4	Более 4
Плавающие примеси: нефть и нефтепродукты	Отсутствуют		Яркие полосы или тусклая окраска	Плёнка тёмной окраски, занимающая 2/3 и более обозримой площади
Реакция среды, pH	6,0-9,0	5,7-6,0	5,0-5,6	<5,0

1	2	3	4	5
Химическое потребление кислорода (ХПК) (антропогенная составляющая по отношению к 0 фону), мг/л	-	-	10-20	Более 20
Растворённый кислород, процент насыщения	Более 80	50-80	20-50	Менее 20
Биогенные вещества, отношение к ПДК (мг/л)				
Нитриты (NO_2)	Менее 1	1-5	5-10	Более 10
Нитраты (NO_3)	Менее 1	1-10	10-20	Более 20
Соли аммония (NH_4)	Менее 1	1-5	5-10	Более 10
Фосфаты (PO_4),	Менее 0,05	0,05-0,3	0,3-0,6	Более 0,6
Минерализация, мг/л (превышение регионального уровня)	Региональный уровень	1-2	2-3	3-5
КДА (коэффициент донной аккумуляции)	10	$10\text{-}10^3$	$10^3\text{-}10^4$	Более 10^4
Кн (коэффициент накопления в гидробионтах)	10	$10\text{-}10^4$	$10^4\text{-}10^5$	Более 10^5

Примечание:

* ПХЗ-10- формализованный суммарный показатель химического загрязнения вод.

Рассчитывается только для зон, где экологическое состояние опасное и чрезвычайно опасное.

Расчёт производится только по десяти соединениям, максимально превышающим ПДК, по следующей формуле:

$$ПХЗ - 10 = \frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + ... + \frac{C_{10}}{ПДК_{10}},$$

Где ПДК- рыбохозяйственные; $C_1 \ldots C_{10}$ – концентрация химических веществ в воде.

При определении ПХЗ-10 для химических веществ, по которым допустимое содержание определяется как "отсутствие", отношение $\frac{C}{ПДК}$ условно принимается равным 1.

Для установления ПХЗ-10 рекомендуется проводить анализ воды по максимально возможному числу наиболее вероятных показателей.

Приложение 5

Критерии оценки защищённости подземных вод от загрязнения

(вне криолитозоны)

Компоненты геологической среды	**Факторы, определяющие степень защищённости**	**Степень защищённости и критерии её определения**			
		Защищённые	**Относительно защищённые**	**Слабо защищенные**	**Незащищённые**
1	2	3	4	5	6
Почвы	Типы почв и содержание в них гумуса	Черноземы гумус >7% (1 балл)	Серые лесные гумус 4-7% (4 балла)	Подзолистые гумус 2-4% (7 баллов)	Светло-каштановые, бурые полупустынные, сероземные гумус < 2% (10 баллов)
Породы зоны аэрации	Содержание глинистой фракции в породах и почвах зоны аэрации, %	>30	20-30	8-20	<8
	Мощность, м	>20 (1 балл)	10-20 (3 балла)	5-10 (5 баллов)	<5 (7 баллов)

	Литологический состав пород, фациальная изменчивость пород в плане и разрезе	Преобладание водоупорных пород: фильтрационные окна практически отсутствуют (1 балл)	Переслаивание слабопроницаемых и водоупорных пород: фильтрационные окна на площади менее 5% (3 балла)	Переслаивание проницаемых, слабопроницаемых и водоупорных пород: фильтрационные окна на площади от 5 до 30% (5 баллов)	Переслаивание проницаемых и слабопроницаемых пород: фильтрационные окна на площади свыше 30% (7 баллов)
	Коэффициент увлажнения	10 (1 балл)	10-50 (2 балла)	50-100 (3 балла)	>100 (4 балла)
Безнапорный водоносный (слабоводоносный) горизонт (комплекс, серия)	Скорость оттока, м/год	>100 (1 балл)	50-100 (3 балла)	10-50 (5 баллов)	<10 (7 баллов)
	Сорбционная способность пород (эффективность геохимических барьеров) условия оттока: (водопроизводимость пород, гидравлический градиент)	Высокая- переслаивание суглинков, песков с глинами (1 балл)	Средняя - переслаивание тяжёлых супесей, лёгких суглинков (2 балла)	Низкая – пески, лёгкие супеси, карбонатные породы (3 балла)	Очень низкая - литифицированные трещиноватые породы (4 балла)

	Взаимодействие безнапорного и субнапорного горизонтов (в случае, если уровни субнапорного горизонта выше, чем безнапорного)	Мощность водоупора более 20 м, фациальные окна отсутствуют (1 балл)	Мощность водоупора 10-20 м, фациальные окна менее чем на 5% площади водоупора (2 балла)	Мощность водоупора 5-10 м, фациальные окна на 5-30% площади водоупора, (3 балла)	Мощность первого от поверхности водоупора менее 5м, фациальные окна на площади более 30%, (4 балла)

Приложение 6

Оценка экологической деградации земель под влиянием горных работ

№	Деградированные территории	Экологическое состояние			
		Удовлетворительное	**Напряжённое**	**Чрезвычайное**	**Экологическое бедствие**
		Площади деградированных территорий в процентах к общей площади			
1.	Не представляющие непосредственной угрозы человеку (отвалы нетоксичных пород, карьеры и т.д.)	<5	5-50	50-5	>75
2.	Отвалы токсичных пород, изолированные от грунтовых вод с возможностью переноса частиц по воздуху, посредством стока в поверхностные водотоки и водоёмы.	<0,1	0,1-5	5-20	>20
3.	Карьерные выемки и отвалы токсичных пород с угрозой загрязнения грунтовых вод (грунтовые воды не защищены)	Отсутствуют	Отсутствуют	<5	>5

Приложение 7

Критерии определения экологического состояния геологической среды

1. Частные критерии

1.1. Загрязнение или повышенные концентрации нормируемых компонентов (цифры - оценочные баллы)*

Табл. 1.1.

Концентрация нормируемых компонентов	Компоненты геологической среды				
	почвы	породы зоны аэрации	Подземные воды		донные осадки водоёмов
			безнапорные	субнапорные или напорные	
Допустимая	1	1	1	1	1
Умеренно опасная	4	3	4	4	2
Опасная	7	5	7	7	3
Весьма опасная	10	7	10	10	4

1.2. Защищённость подземных вод от загрязнения

Табл. 1.2.

Степень защищённости	Типы вод	
	безнапорные	субнапорные или напорные
Защищённые	1	1
Слабозащищённые	3	3
Весьма слабозащищённые	5	5
Незащищённые	7	7

*Определяется в соответствии с "Методическими рекомендациями по составлению ЭКГ-200". ВСЕГИНГЕО, 1995г.

1.3. Обеспеченность территории естественными ресурсами подземных вод

Табл. 1.3.

Степень обеспеченности	Оценочный балл
Обеспеченная	1
Ограниченно обеспеченная	3
Весьма слабо обеспеченная	5
Необеспеченная	7

1.4. Оценка опасности степени льдистости пород (в криолитзоне)

Табл. 1.4.

Степень опасности	Степень льдистости, %	Оценочный балл
Практически отсутствует	Слабая льдистость (<20)	1
Умеренная	Средняя льдистость(20-30)	4
Сильная	Сильная льдистость (30-40)	7
Очень сильная	Весьма сильная льдистость (>40)	10

1.5. Оценка опасности проявлений эндогенных процессов (землетрясений)

Табл. 1.5.

Степень опасности	Критерии (баллы по шкале MSK-64)	Оценочный балл
Практически отсутствует	до 5	1
Умеренная	5-6	4
Сильная	6-9	7
Очень сильная	более 9	10

1.6. Оценка опасности проявлений экзогенных геологических процессов

Табл. 1.6.

Степень опасности	Критерии			Оценочные баллы
	Виды процессов	Особенности проявлений	Негативные последствия	
Практически отсутствует	Все виды стабилизировавшихся процессов	Пораженность территории в основном менее 5%, активизации процессов не ожидается	Практически отсутствуют	1
Умеренная	Русловая (речная) и овражная эрозия, подтопление, заболачивание, аккумуляция осадков	Поражённость территории в основном 5-20%, происходит техногенная активизация процессов	Усложнение условий строительства, ухудшение несущей способности грунтов, ухудшение условий использования сельскохозяйственных угодий.	4
Сильная	Карст, суффозия, просадки, абразия и др.	Высокая поражённость территории (карст, суффозия, просадки свыше 20-30%), высокая скорость абразии, внезапные проявления процессов, иногда с катастрофическими последствиями	Деформация зданий и сооружений, вывод из строя сельскохозяйственных земель	7

Очень сильная	Оползни, сели, обвалы объёмом свыше 1 млн. $м^3$	Катастрофичность и внезапность процессов, высокая скорость их проявления	Разрушение зданий и сооружений, гибель людей, уничтожение сельхозугодий	10

1.7. Температурное состояние многолетне-мерзлотных пород

Табл. 1.7.

Степень опасности	Изменение t до глубины залегания слоя постоянных температур	Оценочные баллы
Слабая	Преобладают глины, суглинки; t пород ниже –5°С	1
Умеренная	Преобладают суглинки, глинистые пески; t пород от –2 до –5°С	4
Сильная	Преобладают супеси пылеватые, суглинки, пески; t пород от –1 до –2°С	7
Очень сильная	Преобладают пески, современные болотные отложения; t пород от 0 до – 2°С	10

*2. Интегральные критерии оценки экологического состояния геологической среды**

Табл. 2.

Экологическое состояние	Интегральная оценка (Бср)
Благоприятное	1 - 2,0
Условно благоприятное	2,1 - 4,4
Неблагоприятное	4,5 - 6,8
Весьма неблагоприятное	>6,9

*Определяется по среднеарифметическому баллу (табл. 1.1.-1.7.). При опасном и чрезвычайно опасном радиоактивном загрязнении, чрезвычайно опасном химическом загрязнении экологическое состояние геологи-

ческой среды определяется как весьма неблагоприятное независимо от среднеарифметического балла.

$$Б_{ср} = \frac{\sum Б}{n}, \qquad \text{где}$$

Бср – средний интегральный оценочный балл, ∑Б – сумма баллов согласно табл. 1.1.-1.7., n- количество показателей.

Критерии определения экологического состояния поверхностных вод

*1. Частные критерии**

1.1. Загрязнение или повышенные концентрации нормируемых компонентов

Табл. 1.1.

Степень загрязнения	Оценочные баллы
Допустимая	1
Умеренно опасная	4
Опасная	7
Весьма опасная	10

1.2. Нарушения среднегодового поверхностного стока

Табл. 1.2.

Степень нарушения	Критерии – безвозвратное изъятие поверхностного стока, число раз от допустимой нормы	Оценочные баллы
Слабая	<1	1
Умеренная	1,0 – 1,5	2
Сильная	1,5 – 2,0	3
Весьма сильная	Более 2,0	4

*2. Интегральные критерии оценки экологического состояния поверхностных вод***

Табл. 2.

Экологическое состояние	Интегральная оценка (Бср)
Благоприятное	1 - 2,0
Условно благоприятное	2,1 - 4,4
Неблагоприятное	4,5 - 6,8
Весьма неблагоприятное	>6,9

*Определяется в соответствии с "Методическими рекомендациями по составлению ЭКГ-200". ВСЕГИНГЕО, 1995г.

**Определяется по среднеарифметическому баллу (табл. 1.1 - 1.2). При опасном и чрезвычайно опасном радиоактивном загрязнении, чрезвычайно опасном химическом загрязнении экологическое состояние поверхностных вод определяется как весьма неблагоприятное независимо от суммы баллов.

Предметный указатель

атмогеохимические исследования, 26
атомно-абсорбиционный метод, 54
атомно-эмиссионный метод, 53
аэрогаммаспектрометрическая съемка, 18
водородный показатель, 32
геологическая среда, 3
геохимические аномалии, 6, 24, 25, 29
геохимический фон, 29, 54
геоэкологический мониторинг, 3, 6
дешифрирование, 15, 42
каротаж скважин, 18
коэффициент концентрации, 25, 29
ландшафтно-индикационный метод, 15
ландшафтно-климатические зоны, 57
метод створов, 47, 48
миграционные свойства, 36
нейтронно-активационный метод, 54
окислительно-восстановительный потенциал, 32
пылевая нагрузка, 26, 28
радиально-лучевой метод, 47, 48
радиогеохимические исследования, 21, 23
радиометрические исследования, 23
рентгенофлуоресцентный метод, 54
сеть опробования, 43, 45
спектрометрическая съемка, 19
степень загрязнения, 28, 45
степень экологической опасности, 54
фильтрационные свойства, 36
частные критерии, 70
эмиссионный спектральный анализ, 54

Рекомендуемая литература

1. Андросова Н.К. Геоэкологическое картирование. Рабочая программа, методические указания и задания на контрольные и курсовые работы для студентов специализации "Геолого-промышленная экология". – М.: МГОУ, 1999.
2. Андросова Н.К. Исследование природных ресурсов аэрокосмическими методами. Рабочая программа, методические указания, задания на выполнение контрольных работ для студентов специальности "Геология и разведка МПИ". – М.: МГОУ, 1998.
3. Андросова Н.К. Методы геоэкологических исследований. Рабочая программа, методические указания и задания на контрольные и курсовую работы для студентов специализации "Геолого-промышленная экология". – М.: МГОУ,2000.
4. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. Учебное пособие, ч.1. Общая. – М.: МНЭПУ, 1998.
5. Временные требования к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки МПИ на окружающую среду. – М., 1990.
6. Выявление радиоактивного загрязнения на территории городов и населенных пунктов методами аэро- и автогамма-спектрометрии, пешеходной гамма-съемки. Методические рекомендации. – М.: Геологоразведка, 1992.
7. Герасимов Б.И., Кораблев И.В., Козлов В.Р., Мищенко С.В. Методы и приборы экологического мониторинга. – М., 1994.
8. Космические методы геоэкологии. Атлас. – М.,1999.
9. Косов В.И., Иванов В.Н., Иванов Г.Н. Экологический мониторинг. Ч.1. Полевые и лабораторные методы экологических исследований. Учеб пособие. – Тверь: ТГТУ, 1996.

10. Мельхановицкий И.М., Шарапанов Н.Н. Геофизические методы при геоэкологических исследованиях. – М., 1995.

11. Методические рекомендации геоэкологического картирования масштаба 1:1000000-1:500000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1994.

12. Методические рекомендации по геоэкологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:200000-1:100000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1994.

13. Методические рекомендации по комплексному использованию геологической и геофизической информации для экологической оценки территорий. – М.: ВНИИ Геосистем, 1995.

14. Методические рекомендации по оценке экологического состояния геологической среды территорий атомных станций. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1994.

15. Методические указания по региональной гидролитохимической съемке по стоку малых рек. – Ленинград, 1990.

16. Методические рекомендации по составлению геоэкологической карты масштаба 1:1000000-1:500000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1994.

17. Островский В.Н. Ландшафтно-индикационные методы оценки экологического состояния геологической среды. – М., 1998.

18. Островский В.Н., Островский Л.А. Методические рекомендации по составлению геолого-экологических карт масштаба 1:200000-1:100000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1998.

19. Требования к геолого-экологическим исследованиям масштаба 1:50000-1:25000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990.

20. Требования к геолого-экологическим исследованиям масштаба 1:200000-1:100000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990.

21. Требования к геолого-экологическим исследованиям масштаба 1:1000000-1:500000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990.

22. Требования к специализированному геоэкологическому картированию на территории СССР. – М.: Геологоразведка, 1990.

23. Экологические функции литосферы. Трофимов В.Т. и др. – М.: МГУ, 2000.

Оглавление

Введение 3
1. Цель и задачи геолого-экологических исследований 4
2. Виды и методы исследований 6
3. Аэрокосмические исследования 8
3.1. Использование аэрокосмической техники для оценки экологического состояния геологической среды 8
3.2. Методы аэрокосмической съемки 9
3.3. Материалы съёмки 12
3.4. Дешифрирование снимков. Ландшафтно-индикационный метод 13
4. Геологические исследования 16
4.1. Методы исследований 16
4.2. Маршрутные исследования 17
5. Геофизические исследования 18
5.1. Геофизические методы 18
5.2. Радиометрические и радиогеохимические исследования ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
6.Геохимические исследования 24
6.1.Геохимический фон и геохимические аномалии 24
6.2. Геохимические методы 26
7. Гидрогеологические исследования 31
7.1. Виды гидрогеологических исследований 31
7.2. Характер загрязнения подземных вод 32
7.3. Природные факторы защищённости грунтовых вод 35
7.4. Методы исследований 35
8. Инженерно - геологические исследования 38
9. Геокриологические исследования 41
10. Методика геолого-экологических исследований 43
10.1. Этапы геоэкологических исследований 43
10.2. Методика полевых геоэкологических исследований 44
11.Лабораторные исследования 50
11.1. Подготовка к анализу 50

11.2. Лабораторные методы 51
12. Геолого-экологическое картографирование 56
12.1. Геолого-экологические карты 56
12.2. Составление геолого-экологических карт 57
12.2.1. Методика составления геолого-экологической карты 57
12.2.2. Методика составления карты оценки экологического состояния геологической среды 68
Приложение 1 72
Приложение 2 74
Приложение 3 75
Приложение 4 80
Приложение 5 83
Приложение 6 86
Приложение 7 87
Предметный указатель 93
Рекомендуемая литература 94
Оглавление 97