

Лекция 3

Методология ведения мониторинга

1. Виды наблюдений

В зависимости от используемых средств и способов, наблюдения могут быть наземными (натурными) или дистанционными. В зависимости от назначения в мониторинге геологической среды используют четыре группы наблюдений: инвентаризационные, ретроспективные, режимные и методические (Королев, 1995).

Инвентаризационные наблюдения (от слова «инвентаризация» – подсчет) проводятся достаточно редко, через длительный срок, чтобы либо оценить начальное состояние геологической среды, либо оценить текущие изменения. Инвентаризационные наблюдения, как правило, включают ряд трудоемких или дорогостоящих методов. Эти наблюдения проводятся с очередностью одного раза в год, либо раз в 2-3 года и более. В состав этих наблюдений включаются наиболее консервативные элементы геологической среды, для которых заведомо можно предположить низкую степень изменения, в том числе и техногенного. Также, инвентаризационные наблюдения организуются на заповедных территориях, где техногенные изменения отсутствуют или медленно проявляются. В этом случае инвентаризационные наблюдения дают возможность установить так называемые «фоновые» значения показателей геологической среды практически не подверженной техногенному воздействию.

Ретроспективные наблюдения (от слова «ретроспекция» – взгляд в прошлое) Ретроспективные наблюдения направлены на выявление трендов **длительного** развития геологической среды или ее компонентов и установление законов изменений. Ретроспективные наблюдения проводятся для решения прогнозных задач в мониторинге геологической среды, по

особой программе, составленной с учетом установленных для данного компонента геологической среды тенденций развития или изменения. Эти наблюдения базируются либо на архивных данных режимных наблюдений за прошлые годы, либо на археологических и исторических данных, либо на результатах палеогеографического анализа, палеореконструкциях и т. п. Такие наблюдения по существу характерны для исторической геологии, палеонтологии, палеоэкологии

Режимными (стационарными) наблюдениями называются наблюдения за текущей динамикой геологических процессов и явлений. Они отражают определенные относительно **кратковременные** (ежегодные, сезонные, ежемесячные, суточные и др.) колебания в системе наблюдаемых объектов и процессов. Режимные наблюдения составляют самостоятельный и важный вид геологических работ. Они также нацелены на решение прогнозных задач на то, чтобы получить возможность предвидеть и прогнозировать динамику и масштаб развития тех или иных процессов и явлений.

При проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений чаще всего выполняются следующие виды режимных стационарных наблюдений: 1) метеорологические и гидрологические; 2) гидрогеологические 3) геотермические; 4) за деформациями масс горных пород на склонах, в откосах, на оползневых участках, в подземных выработках и котлованах; 5) за осадками и деформациями сооружений; 6) за скоростью и характером развития процессов выветривания, эрозии, абразии, пучения горных пород, за их физическим состоянием и другими процессами и явлениями.

На различных видах геологических работ роль режимных стационарных наблюдений не одинакова. Основной их объем производят на стадии детальных исследований. Они, например, обеспечивают наиболее полное изучение эколого-геологических условий при решении тех или иных хозяйственных задач. В небольших объемах их выполняют иногда на стадии рекогносцировочных или региональных исследований. **Методические наблюдения**

Направлены на совершенствование существующих методов мониторинга или создание новых. Методические наблюдения проводятся для корректировки или уточнения программ наблюдений, периодичности, способов отбора проб, геометрии и плотности сети наблюдений, разработки приборов и оборудования.. Особенно велика роль методических наблюдений на начальной стадии организации и ведения мониторинга .

2. Наблюдательные сети

Наблюдательная сеть это пространственно-временная система точек наблюдений. Основой любого вида мониторинга является корректно оборудованная наземная наблюдательная сеть, техническую базу которой составляют соответствующая измерительная и регистрирующая аппаратура. Выделяется несколько главных условий ее успешного функционирования (Королев, 1995):

- автономность работы приборов (наличие автономных источников питания) с небольшой потребляемой мощностью;
 - непрерывность работы измерительных средств (датчиков) в течение длительного времени (5 лет и более);
 - автоматизация процесса измерений и передачи в АИС или сохранение сбора; и информации;
- комплексация средств измерений (использование меньшего числа приборов для фиксации возможно большего числа параметров)

Наземные сети

В зависимости от масштаба исследований или ранга мониторинга *наблюдательные сети* бывают детальными, локальными, региональными и национальными. Структурной единицей иерархической системы наблюдений мониторинга является **точка наблюдения**, где **отбирается единичная проба** породы, грунта или почвы. Точка наблюдения это также небольшое в масштабе карты обнажение, отдельный родник, колодец, скважина и т. п.

Следующий более высокий уровень наблюдательной сети – **наблюдательный стационарный пост**, который обеспечивает какую-

либо одну группу наблюдений, (гидрогеологический, геокриологический, гидро-геологический, геофизический и т. п.), например, в случае гидрогеологический наблюдений стационарный пост состоит из группы наблюдательных скважин, где проводятся гидрогеохимическое опробование и гидродинамические наблюдения за уровнями вод

Наблюдательный полигон это третий уровень по мере усложнения системы организации наблюдений после наблюдательной точки и стационарного поста. На нем решаются уже разнородные задачи с применением комплекса методов наблюдений (например, задачи гидрогеологических и геофизических наблюдений). Это может быть, например, система наблюдательных гидрогеологических скважин, оборудованных как для отбора проб, так и измерения физических параметров. Наблюдательный полигон в зависимости от природы объекта наблюдений может быть *линейным* или *площадным*. Наблюдательные полигоны могут охватывать либо всю площадь исследуемого объекта, либо только его часть. В последнем случае наблюдения ведут на эталонных участках, геологическое строение которых отражает наиболее полно характерные особенности объекта такое же как и на всей площади объекта. В стратиграфии такие участки именуют стратотипами. Название стратиграфических подразделений обычно дается по местности, где располагается данный стратотип. Например, это та же кривоборская свита, которая хорошо представлена в д. Кривоборье Рамонского района. Наблюдательные полигоны на подобных участках Корлев В.А. (1995) именуется **опорными**.

К последним можно отнести и так называемые **фоновые полигоны**, для сбора информации на территории, не затронутой техногенными воздействиями. При отсутствии эталонных фоновых показателей задача прогнозирования изменений геологической среды значительно усложняется. Вопрос о выборе места для организации фонового полигона не всегда решается просто. Особенно сложно выявить участки для оценки фоновых

показателей в пределах урбанизированных территорий и районов с большой техногенной нагрузкой. Например, в крупных городах даже рекреационные зоны и парки не всегда могут отвечать требованиям фонового полигона.

На региональном уровне исследований в качестве участков для оценки фоновых значений показателей может использоваться существующая в России сеть биосферных заповедников и заказников, которая включена в систему глобального мониторинга природной среды. Биосферные заповедники или заказники разного ранга имеются практически во всех административных-районах России.'

Территориальная совокупность ряда опорных полигонов образует **региональный наблюдательный полигон**. Такие полигоны позволяют устанавливать наиболее общие региональные закономерности изменения геологической среды на всей территории.

Специальные наблюдательные полигоны создаются на особо опасных сооружениях. Технологическая сложность их и катастрофические последствия возможных аварий, (Красноярская ГЭС Чернобыльская и Фукусимская АЭС) обуславливает проведение особых защитных инженерных мероприятий и, соответственно, особого типа наблюдений, проводимых по специально составленной программе

Опытно-методический полигон в системе мониторинга эколого-геологических систем выполняет роль испытательного или экспериментального. В отличие от опорных, на опытно-методических полигонах ведется проверка и отработка всевозможных методов контроля и сбора первичной информации за элементами геологической среды ПТС, проводятся научные эксперименты, отрабатываются модели, приборы технического контроля и т.п.

Изыскательские полигоны организуются для кратковременных целей на период инженерных изысканий. Такие полигоны создаются на начальных стадиях формирования наблюдательной сети мониторинга.

Дистанционные методы наблюдений

Среди дистанционных методов наблюдений в системе мониторинга эколого-геологических систем используются: аэрокосмические и геофизические.

Разновидностью **аэрокосмических** методов являются оптическая фотосъемка (ФС), телевизионная (ТС), инфракрасная (ИКС), радиотелевизионная (РТС), радиолокационная радарная (РЛС) и многозональная съемка (МС). Практически все эти методы успешно применяются при оценке техногенных изменений геологической среды, особенно для выявления ореолов загрязнений. Методики их использования освещены в работах С. В. Викторова, А. В. Садова, А. Л. Ревзона и др.) и в нормативно-методических руководствах.

С 1990-х гг. в России проводились организационные работы по формированию инфраструктуры региональных центров сбора и приема космической информации. В России существует несколько **космических систем** дистанционного зондирования, применимых для наблюдений за развитием опасных природных проявлений.

3. Теория опробования

Проба как модель объекта

Отбор проб или опробование как метод научных исследований широко применяется в разных науках: биологии, медицине, но особенно широко в геологии. Теория опробования разработана для разведки месторождений полезных ископаемых Л.И.Четверяковым профессором кафедры полезных ископаемых нашего факультета С точки зрения математики пробу он рассматривал как подобие объекта. Что такое подобие. На бытовом уровне, когда мы говорим о подобии, мы подразумеваем похожесть сравниваемых

объектов по каким то признакам. При этом подобие понятие растяжимое в том смысле, что подобные объекты как угодно близко могут приближаться по своим свойствам к друг другу и пределом такого приближения будет тождество, как полная идентичность или аналогия сравниваемых объектов. Символами это можно выразить так если $A=B$, то это будет тождество, а если $A\sim B$, то это будет подобие. Математические понятия как образы, связанные законами логики, вытекающие одно из другого, а нередко отправных понятий в виде постулатов не всегда соответствуют реальности. Возьмите такие краеугольные понятия геометрии как точка, линия, поверхность. На самом деле они идеальные, в том смысле, что в природе их нет. Бытие мы измеряем в четырехмерной системе координат XYZT Точка это ничто, так как все ее координаты нулевые, линия как совокупность таких точек имеет лишь одно идеальное измерение, плоскость только два. Эти понятия, так или иначе, возникли на основе восприятия мира нашими органами чувств в виде определенных образов. Бесконечно удаленный объект мы воспринимаем как точку, по мере приближения к нему мы начинаем различать и другие его измерения. При этом мы меняем образ самого объекта. Совокупность деревьев издали мы воспринимаем как лес, но войдя в лес мы видим лишь отдельно стоящие деревья. Это явление называется **масштабированием** объекта и наиболее четко оно проявляется при составлении карт разного масштаба.

Потеря информации при использовании разных масштабов отображения реальных объектов

Объекты наблюдений не соизмеримые с размерами и особенностями восприятия нашими органами чувств мы вынуждены изучать с применением особых приборов. Например, микроскопа для изучения микроорганизмов или телескопической аппаратуры для изучения очень крупных, но удаленных объектов. В первом случае мы имеем возможность изучения мелких деталей внутренней структуры объекта, но при этом мы можем потерять информацию о целостном его строении. Например, это поляризационный

микроскоп для изучения структуры горных пород в шлифах – тонких срезах мелких образцов породы, размером в первые сантиметры и толщиной всего в 0,3мм. Это дает возможность изучения объекта по частям, или отдельных его свойств, при этом надо помнить, что часть не есть тождество целого. Классическая байка про слепых, которым, дав ощупать слона, предложили описать его образ. Кто-то ощупал хвост, кто-то хобот, кто-то ногу. Целого образа конечно ни у кого из них не получилось. Но и совершенно зрячие не могут дать полную характеристику объекта, того же слона. Художник увидит в нем гораздо больше внешних деталей, а медик знает, что у него внутри, но и до конца он не знает, как функционируют отдельные органы его. Под микроскопом мы видим структуру горной породы, но не видим ее текстуры, которая есть также структура, но уже иного уровня или ранга. По размеру все объекты наблюдений можно разделить на микро-, макро- и мега. Макрообъектами принято называть объекты, которые мы воспринимаем, в целом не прибегая к специальным приборам.

Модель объекта

Но дело не столько в пространственных размерах объекта, но в плотности информации о нем или его свойствах. Например, мелкомасштабные карты, отражая главные особенности геологического строения обширных территорий, имеют малую плотность информации, которая выражается в редкой сети точек наблюдения, т.е. точек наблюдений на единицу площади и наоборот, детальныe карты с большой плотностью наблюдений создаются первоначально для небольшой, но наиболее перспективной в том или ином отношении площади. Со временем, по мере хозяйственного освоения территории, степень детальности ее изучения возрастает. Но и даже на самых детальныx картах мы не в состоянии передать в точности даже отдельного свойства объекта, не говоря уже обо всей бесконечности его свойств. Мы лишь передаем образ объекта, в той степени, который доступен нашему пониманию. Это как икона, которая так называется образом. В науке этот образ получил название – **модели**. Модель

это лишь некое подобие объекта. Все мы настолько ограничены в своих возможностях восприятия и реальной оценки, что вынуждены специализироваться в изучении свойств даже обыденных предметов. Мы все смотрим телевизор, но многие ли из нас способны его починить или даже рассказать, как он устроен и как работают отдельные его блоки. И даже специалисты имеют разную квалификацию. Дети пользуются игрушками, внешне напоминающими реальные объекты, куклы, машинки, ружья. Они им крайне необходимы, через них они познают мир, постепенно расширяя свое представление о нем. При этом сложность игрушек возрастает по мере взросления ребенка. Взрослые то же играют в игрушки. Те же шахматы или карты. На шахматной доске порой такие драматические баталии разыгрываются, что по своей остроте и искусству превосходят страсти истинных сражений, однако цена их разная.

В геологии моделями являются карты, разрезы, блок-диаграммы. Для чего они нам нужны. Во-первых, для уменьшения размеров, чтобы удобнее пользоваться, чтобы как можно полнее представить себе объект как нечто целое. А во-вторых, загружая карту разной информацией, мы описываем те или иные качества, отдельные свойства объекта, которые нам требуются на данный момент времени. Изобразить на карте город мы можем разными способами и даже построить разные по содержанию карты; административного его деления, ландшафтную, геологическую и вообще какую угодно. Данный объект по своим свойствам бесконечно разнообразен. Мы даже можем в объемном виде его представить и даже подробнейшей фотографией в цвете получить, но все равно это будет модель города. Но не сам город. Все мы это прекрасно понимаем. Но иногда все же заблуждаемся, бываем наивными и путаем понятия. Поэтому нередко попадаемся на удочку разных мошенников, которые нам что-то втирают, выдавая одно за другое, ложь за истину. Ложь это то же модель, но грубо искаженная модель истины.

А что есть проба? Проба это тоже модель, но не всегда целого объекта, а лишь какой-то его части или отдельного его свойства. Принципиальной разницы нет, отдельное свойство это тоже часть объекта. Но все же условно различают модели пространства и модели свойств. Почему условно? А потому что пространства в чистом виде не бывает. Когда мы изображаем только топографическую карту в двух измерениях без нанесения объектов, мы все равно будем отображать рельеф пусть в изолиниях. Можно нанести на карту одну лишь координатную сетку, это более менее в чистом виде лишь пространство, но есть исходные координаты реального объекта относительно которого и будет построена эта сетка.

В геологии в зависимости от назначения и способа опробования бывают различные пробы. По назначению выделяют: химические, геохимические, минералогические, литологические, инженерно-геологические, технологическое. Деление на химическое и геохимическое опробование подразумевает отбор проб для разных видов анализа, а главное для определения содержания разных химических компонентов. Химические пробы подразумевают определение содержания вещества химическими методами. Но при этом лишь тех веществ, которых в пробе много, обычно более 1%. Такие вещества или химические компоненты называют основными, породообразующими, минералообразующими, макрокомпонентами. Почему их содержание определяется химическими методами, а потому что именно химические методы, дают более менее точно концентрация вещества, когда его в пробе много. Химическими методами определяют чаще вещества в молекулярной форме. Например, такая разновидность химического метода как силикатный, применяется для определения породообразующих компонентов в виде окислов.

Другое дело геохимическая проба. Это понятие возникло вместе с методикой геохимических методов поисков, основанных на изучении чрезвычайно малых концентраций вещества, но не просто вещества, а только в атомном его выражении. Первоначально такие концентрации изучались для

металлов в почвах, в рыхлых отложениях, в породах, в воде только спектральным анализом. Этот метод одно время назывался металлометрическим. Концентрации измерялись в сотых и даже миллионных долях процента. Химическим методам такие концентрации не по зубам. Сейчас малые концентрации изучают не только спектральным методом, но и разными другими физическими, атомно-адсорбционный, нейтронно-активационный, рентгеноспектральный и др.

По способу опробования различают: опробование сколковое, штуфное, бороздвое, задирковое, керовое. Способ опробования выбирается в зависимости от требуемой точности изучения и характера объекта, от требуемой массы вещества для анализа. Для химического анализа проба больше, чем для спектрального, но все равно это граммы, а для технологического масса пробы может достигать нескольких тонн.

В зависимости от среды опробования название пробы усложняется. Например, если говорят о геохимической пробе твердой среды, то употребляют название литогеохимической, если проба этого же назначения берется из воды, это будет гидрогеохимическая, если из атмосферы, то это атмосферическая, если растения, то биохимическая и т. д. Иногда название еще более сложное. Если целью изучения экологическое состояние, то говорят, например о эколого-литогеохимическом опробовании. Здесь в названии отражается и задача изучения, и среда опробования и предмет исследований.

Представительность пробы

Это мера, в какой проба как модель отражает степень соответствия тому или иному свойству реального объекта. Представительной или не представительной может быть не только единичная проба, но и вся система опробования. При этом существуют определенные требования и стандарты, которые позволяют судить о представительности. Иногда требуется проба, которая бы отражала как можно большую часть объекта, и иногда достаточно самой малой его части. В этом случае прибегают к разным ухищрениям при

опробовании. Например, прибегают к понятию рядовой и групповой пробы. А это связано с понятием усреднения. Например, при экологических исследованиях состояния почв, проба берется не просто из ямки, копнул лопатой, бросил в мешок и проба готова. Но пробу берут методом ключевой площадки, размер которой зависит от масштаба работы. Чем он мельче, т. е. менее детальный, тем размеры ее больше. Зачем это? А дело в том, что распределение концентраций вещества неравномерное, где-то будет больше, где-то меньше и можно случайно взять рядовую (точечную) в одной из таких точек, а результат отнести к площади, которую представляет данная проба. Что такое точка на карте в масштабе, допустим, 1:10 000 000. Пусть ее размер 0,1 миллиметра, а в натуре это будет уже 1.0 км. Поэтому в данной точке наблюдения, соответствующей масштабу такой карты, берут около 15 рядовых проб, тщательно перемешивают весь материал и берут из него методом последовательного квартования одну пробу, которую потом и отправят для анализа в лабораторию. Это будет групповая проба, она будет представительной для данной точки наблюдения. Она нивелирует случайные колебания, которые вызваны анизотропией т.е. неоднородностью среды на площади опробования тех 15 рядовых проб, из которых составлена групповая.

Иногда возникает, напротив, необходимость другой задачи – локального анализа. Такие задачи часто возникают, например, у минералогов при изучении состава отдельного минерального вида (монофракция), отдельного зерна минерала или даже малой его части. Такой вид анализа называется «**микрозондовым**», независимо от способа его проведения.

Сети опробования

Если одна проба является моделью части объекта, то система проб, построенная по определенному геометрическому плану, есть сеть опробования. Она также должна быть представительной в зависимости от решаемых задач. Есть понятие плотности сети опробования, под которой понимается количество проб на единицу площади этой сети. Общее

требование при картировании – одна проба на 1см^2 площади карты. При мелкомасштабном эколого-геохимическом картировании она редкая, а при детальном -- плотная. Обычно отбор проб ведется по линейному маршруту – профилю или створу наблюдений, это определенное, более-менее, строгое направление по тому или иному азимуту. И по ходу маршрута через некоторое заданное расстояние (точки наблюдения) берутся групповые пробы от начала и до конца маршрута. Направление профилей выбирается в зависимости от характера источника загрязнения. Бывают источники точечные, линейные, площадные или диффузные. При мелкомасштабном картировании обычно при точечном источнике выбирается румбическая сеть, при линейном – профильно-параллельная источнику загрязнения, а при площадном загрязнении выбирается равномерная сеть. Последняя является наиболее представительной, поэтому при детальном картировании применяется только такая сеть.

4. Долабораторная подготовка проб к анализу

Необходимость в предварительной обработке проб возникает из требований лаборатории. Это или определенная масса вещества ни больше и не меньше требуемой, или определенная дисперсность материала пробы. Требуемую массу и ее дисперсность – навеску получают дроблением и даже растиранием материала до требуемой размерности по величине частиц квартованием с последовательным сокращением с каждой кварты до требуемой массы. Спрашивается, а почему в поле сразу не брать ту массу, которая необходима для лаборатории. А опять таки это связано с представительностью пробы. **Чем больше масса пробы, тем она всегда более представительная.** Лабораторное сокращение методом квартования по сути это продолжение полевого создания групповой пробы.

Измельчение пробы обычно производится с целью более равномерного распределения в ней анализируемых компонентов и тем самым для увеличения представительности пробы или уменьшения случайной ошибки. Для грубого ручного дробления проб скальных или полускальных пород на

первой стадии служат металлические чугунные ступки, для последующего истирания полученной мелкой фракции размерностью песка используют агатовые ступки.

При механическом дроблении и истирании проб используются разного рода дробительные механизмы, шаровые, валковые мельницы, истиратели. Дробление стадийное: после каждой стадии дробления материал пропускается через сито, материал квартуется и сокращается на три четверти, размер ячейки последующего ситования уменьшается. Схема опробования составляется заранее, на стадии составления проекта работ.

После обработки проб составляется их реестр в двух экземплярах, в котором указывается наименование объекта, характер материала, вид анализа и перечень требуемых компонентов. Пробы представляются в лабораторию под условными номерами.

Для оценки качества выполненных работ требуется проводить контрольное опробование в объеме 3% от общего количества проб.