

## Лекция № 5

**Тема:** Ландшафтно-геохимические методы исследований

**Цель:** формирование представления о ландшафтно-геохимических методах исследования.

1. Основные понятия
2. Геохимическая структура
3. Схема эколого-геохимического исследования

Ландшафтно-геохимические исследования, как и физико-географические, состоят из следующих этапов (периодов): подготовительного, полевого, камерального. Исследование ландшафтов на геохимической основе могут предусматривать следующие основные задачи: составление карт — типологических, районирования, специальных (распространение заболеваний, агроландшафтов, техногенных ландшафтов, содержания химических элементов при поисках полезных ископаемых); геохимическую характеристику ландшафта, оценку и прогноз различных геохимических ситуаций.

В подготовительный период определяются объем и программа исследований в зависимости от поставленных целей и задач. Перед выездом в поле изучаются все литературные, фондовые, картографические материалы, имеющие отношения к поставленной цели, производится выкопировка необходимого картографического, графического и табличного материала. Создается база данных по химическому составу компонентов ландшафта по исследуемому региону. Вся информация систематизируется с использованием ГИС-технологий.

В полевой период исследуют площадки, выделенные по намеченным маршрутам и ключам. Производится комплексное описание ключей: рельеф, растительность, почвы, грунты, воды. Описания сопровождаются специальными зарисовками, фотографиями.

Общий принцип отбора образцов, за исключением их объема и веса, одинаков во всех видах полевых исследований. Для общей геохимической характеристики ландшафтов отбираются образцы почв, растений, пробы воды, воздуха, атмосферных осадков, осаждаемой пыли. В камеральный период они подготавливаются к анализу и в них определяется круг химических элементов, предусмотренных целью и задачами исследований. По результатам анализа составляются ландшафтно-геохимические карты.

Для анализа образцов применяется ряд физико-химических методов: весовой и объемный химический, колориметрический, потенциометрический, спектральный, полярографический, хроматографический, люминесцентный, фотохимический, атомно-абсорбционный, нейтронно-активационный, радиометрический и др. Используемые геохимические методы должны иметь высокую чувствительность, точность и производительность. Высокой чувствительностью обладает радиометрический метод ( $10^{-11}\%$ ), нейтронно-активационный ( $10^{-13}$ ), ниже чувствительность широко используемого спектрального метода ( $10^{-6}\%$ ). Наиболее производительные атомно-абсорбционный и спектральный методы. Точность рекомендуемых методов не одинакова: химического до 20%, спектрального до 15 и радиометрического до 1-3% [24].

Геохимическое исследование ландшафтов предполагает использование статистической обработки данных по содержанию химических элементов. Теория вероятности позволяет доказать существующие закономерности взаимосвязи и взаимозависимости между химическими элементами, сходство или различие в содержании химических элементов на разных объектах и др. Если между содержанием химического элемента и внешними факторами миграции существует тесная корреляционная зависимость, применяется регрессионный и факторный анализ. Однако к отбору данных для математической обработки следует относиться осторожно. Механический подход при обработке данных может привести к установлению ошибочных закономерностей. Отобранные для обработки статистические данные должны быть репрезентативны и

рендомизированы, необходимо обязательно установить вид наблюдения при исследовании — независимое или сопряженное, так как от этого зависит объективность выводов. Правила статистической обработки содержания химических элементов в компонентах ландшафта, а также широко применяемые математические методы в географии представлены в работе Н. К. Чертко, А. А. Карпиченко [46].

Геохимия ландшафта опирается на индуктивный и дедуктивный метод исследования. Первый положен в основу определения содержания элементов и анализа полученных данных. Второй предусматривает создание моделей, прогнозирование, изучение динамики в ландшафтах, активизацию химических процессов.

Основным в геохимии ландшафтов выступает понятие элементарного ландшафта (ЭЛ) или элементарной геохимической системы (ЭЛГС). Сменяющие друг друга ЭЛГС от местного водораздела к местной депрессии представляют собой геохимически сопряженный ряд – геохимическую катену или каскадную ландшафтно-геохимическую систему (КЛГС). Термин местный геохимический ландшафт употребляется для обозначения территории, на которой наблюдается повторение определенных ландшафтных катен.

Сопряженный анализ выявляет характерные для элементарных ландшафтов химические элементы и позволяет проследить их миграцию внутри комплекса (радиальная миграция), и от одного комплекса к другому (латеральная миграция).

Одним из важнейших методов изучения функционирования геосистем является метод сопряженного геохимического анализа (СГА).

*Сопряженный анализ - это специфический метод исследования в геохимии ландшафта, заключающийся в одновременном изучении химического состава всех компонентов ландшафта (горных пород, коры выветривания, поверхностных и подземных вод, почв, растительности) и геохимической связи между ландшафтами.*

Метод СГА представляет собой способ познания объекта через нахождение эмпирических зависимостей дифференциации химических элементов в ландшафте и является основой теоретических положений геохимии ландшафтов.

В целом развитие метода связано с изучением дифференциации химических элементов, раскрытием механизма этой дифференциации на уровне геохимических процессов и эколого-геохимической оценкой качества окружающей среды.

**Радиальная геохимическая структура.** Радиальная геохимическая структура отражает миграцию элементов внутри элементарного геохимического ландшафта, и характеризуется рядом ландшафтно-геохимических коэффициентов.

*Коэффициент радиальной дифференциации* показывает отношение содержания химического элемента в генетическом горизонте почвы к его содержанию в почвообразующей породе.

*Коэффициент биологического поглощения* показывает, во сколько раз содержания элемента в золе растения больше, чем в литосфере или горной породе, почве.

*Коэффициент водной миграции* отражает отношение содержания элемента в минеральном остатке воды к его содержанию в водовмещающих породах.

Графической моделью выражения рассмотренных зависимостей являются геохимические диаграммы. Критерием контрастности радиальной дифференциации могут служить значения варьирования распределения элемента в почвенных горизонтах относительно почвообразующей породы.

**Латеральная геохимическая структура.** Латеральная геохимическая структура характеризует отношения между компонентами элементарных ландшафтов в ландшафтной катене.

По условиям миграции Б. Б. Польшов выделял автономные и подчиненные элементарные ландшафты. К автономным, называемым *элювиальными*, относятся

поверхности водораздельных пространств с глубоким залеганием уровня грунтовых вод. Вещество и энергия поступают в такие ландшафты из атмосферы. В понижениях рельефа образуются подчиненные (гетерономные) ландшафты, которые подразделяются на *супераквальные* (надводные) и *субаквальные* (подводные). М. А. Глазовской выделен ряд промежуточных групп элементарных ландшафтов: в верхних частях склонов – *трансэлювиальные*, в нижних частях склонов и сухих ложбинах – *элювиально-аккумулятивные* (трансаккумулятивные), в пределах местных депрессий с глубоким уровнем грунтовых вод – *аккумулятивно-элювиальные* элементарные ландшафты.

*Коэффициент местной миграции* показывает отношение содержания элемента в почвах подчиненных ландшафтов к автономным.

Типизация катен проводится на основе полученных аналитических данных по содержанию элементов в почвах и почвообразующих породах. Литологически монолитные катены являются наиболее удобными в методическом отношении объектами для изучения латеральной миграции элементов.

**Техногенная миграция элементов в ландшафтах.** Главным следствием антропогенного воздействия на природную среду является образование аномальных концентраций химических элементов и их соединений в результате загрязнения различных компонентов ландшафта. Выявление техногенных аномалий в различных средах является одной из важнейших задач эколого-геохимических оценок состояния среды. Для оценки загрязнения природной среды используется опробование снежного покрова, почв, поверхностных и подземных вод, донных отложений, растительности.

Одним из критериев аномальности эколого-геохимического состояния служит *коэффициент техногенной концентрации (Кс)*, представляющий собой отношение содержания элемента в рассматриваемом техногенно загрязненном объекте к его фоновому содержанию в компонентах природной среды.

Техногенные аномалии имеют полиэлементный состав и оказывают комплексное интегральное воздействие на живые организмы. Поэтому в практике эколого-геохимических работ часто используются так называемые суммарные показатели загрязнения, характеризующие степень загрязнения целой ассоциации элементов относительно фона.

Качество природных сред может быть определено с помощью системы эколого-геохимических показателей: индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), индекса загрязнения воды (ИЗВ), суммарного показателя загрязнения почв ( $Z_c$ ), коэффициента техногенной концентрации ( $K_c$ ) и др. Каждый из индексов имеет собственную методику расчета. Общий методический подход состоит в том, что при расчете учитываются классы опасности загрязняющих веществ, стандарты качества (ПДК) и средние уровни фонового загрязнения.

**Схема эколого-геохимического исследования** включает три этапа: 1) ландшафтно-геохимический анализ территории; 2) эколого-геохимическую оценку состояния природной или природно-антропогенной среды; 3) ландшафтно-геохимический прогноз.

Эколого-геохимическое исследование состоит из периода подготовки к полевым работам, собственно полевого периода, важнейшую часть которого составляет сбор образцов на точках наблюдения, и камерального, включающего аналитическую, графико-математическую и картографическую обработку полевых материалов, их объяснение и написание отчета.

*Этап ландшафтно-геохимического анализа территории.* На стадии подготовки к полевым работам составляется программа, выбираются методы исследований и оптимальный режим выполнения, анализируются общегеографические и отраслевые аналитические и картографические материалы.

Методика проведения полевых ландшафтно-геохимических исследований зависит от целей, задач и масштабов работы. Однако независимо от этих вопросов в основе геохимического изучения ландшафтов лежит выделение и типология элементарных ландшафтов. Итогом исследований является представление о радиальной геохимической структуре вертикального профиля элементарного ландшафта и анализ катенарной геохимической дифференциации каскадных систем.

*Этап эколого-геохимической оценки* современного геохимического состояния территории включает геохимическую индикацию состояния окружающей среды. Здесь существуют два подхода. Один из них связан с выявлением и инвентаризацией антропогенных источников загрязнения: структуры, состава и количества загрязнителей. Эти данные получают путем анализа выбросов, стоков, твердых отходов (эмиссии). Другой подход заключается в оценке степени и характера реального распределения (имиссии) загрязняющих веществ в природных средах.

Анализ геохимической трансформированности природных ландшафтов под влиянием техногенеза, заключается в изучении перестройки радиальной и латеральной структур ландшафта, направленности и скорости геохимических процессов и связанных с ними геохимических барьеров. Результатом этих исследований обычно является оценка совместимости или несовместимости природных и техногенных геохимических потоков, степени изменчивости и устойчивости природных систем к техногенезу.

*Этап ландшафтно-геохимического прогноза.* Задача этого этапа заключается в предсказании развития изменения природной среды на основе изучения прошлых и современных природных и природно-антропогенных состояний. Подобные исследования базируются на представлениях об устойчивости природных систем к техногенным нагрузкам и анализе их ответных реакций на эти воздействия. Такой подход отражен в представлениях М. А. Глазовской о *технобиогеомах* – территориальных системах со сходной ответной реакцией на однотипные антропогенные воздействия.

#### **Вопросы:**

1. Геохимическая структура.
2. Техногенная миграция элементов в ландшафтах.
3. Этап ландшафтно-геохимического анализа территории.
4. Этапы эколого-геохимических исследований.
5. Камеральный этап ландшафтно-геохимических исследований.

#### **Литература:**

1. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: Учебник /В.А. Алексеенко. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
2. Ганжара Н.Ф. Ландшафтоведение: Учебник. /Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Р.Ф. Байбеков. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2010. – 248 с.
5. Карпенко, Л.В. Ландшафтоведение /Л.В. Карпенко, В.Д. Карпенко, М.Л. Махлаев. – Красноярск, 2007. – 104 с.
6. Перельман А.И. Геохимия ландшафтов /А.И. Перельман. – М.: Недра, 1975. – 341 с.
7. Покатилов Ю.Г. Биогеохимия биосферы и медико-биологические проблемы /Ю.Г. Покатилов. – Новосибирск: Наука, 1993. – 168 с.