

## **Тема 5. ОСНОВЫ ГЕОХИМИИ ЛАНДШАФТОВ. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ**

1. *История формирования геохимии ландшафтов*
2. *Геохимическое районирование ландшафтов*
3. *Факторы миграции химических элементов*
4. *Виды миграции химических элементов*
5. *Миграционные потоки химических элементов*
6. *Ландшафтно-геохимические катены и арены*
7. *Барьеры миграции*

*1 вопрос. История формирования геохимии ландшафтов*

*Геохимия ландшафта* – наука о закономерностях миграции, рассеяния и концентрации атомов в ландшафте.

Геохимия ландшафта возникла в 1930-40-е годы на стыке трех наук:

- геохимии (Вернадский, Ферсман, Гольдшмидт),
- почвоведения (Докучаев)
- учения о ландшафте (возникло в 1920-30-е годы).

Базовой наукой для развития геохимии ландшафта была геохимия, которая, по определению Вернадского, изучает историю атомов в земной коре.

Рождение науки геохимии относится к началу XX в.

Согласно закону Вернадского-Кларка, все элементы есть везде, но в разных концентрациях. Вернадский также занимался изучением содержания элементов в биосфере.

А.Е. Ферсман (1883-1945) впервые в 1911 г. прочел курс лекций по геохимии. Он является автором двухтомного труда «Геохимия». Активная эксплуатация сырьевых ресурсов способствовала развитию геохимии руд.

В.М. Гольдшмидт (1887-1947) занимался геохимией минералов, кристаллохимией. Он впервые стал объяснять геохимические процессы различными ионными радиусами элементов (для живого вещества это не верно).

В 1920-е годы появилось представление о комплексной природной системе – ландшафте. Возникла проблема изучения закономерностей распространения химических элементов в различных природных компонентах и ландшафтах в целом. Таким образом, в начале 30-х гг. появилась геохимия ландшафта.

Основоположник геохимии ландшафта Б.Б. Полюнов сформулировал представление об *элементарных ландшафтах, катенах*. Полюнов применял системный подход к решению *прикладных проблем* (например, он занимался вопросами использования засушливых земель Нижнего Поволжья). Возникали вопросы о химических свойствах почв на различных элементах рельефа, на различных породах и т. д. *Активное земледельческое освоение*

земель субтропиков заставляло изучать особенности системы почва-растение и более сложных систем, например, почва – порода – растение.

## *2 вопрос. Геохимическое районирование ландшафтов*

Элементарные ландшафты образуют связанные между собой ассоциации, названные Польшим геохимическими ландшафтами (собственно ландшафты). *Геохимический ландшафт* – парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов. (Совокупность элементарных ландшафтов, свойственных определенному геоморфологическому элементу – водоразделу, склону, террасе – Польшим предложил именовать местным ландшафтом). Характерное для каждого геохимического ландшафта закономерное сочетание элементарных ландшафтов называется его *геохимическим сопряжением*. Это присущий геохимическому ландшафту тип обмена веществ, энергии и информации между элементарными ландшафтами. Решающую роль в формировании связей между элементарными ландшафтами играет поверхностный и подземный сток, каждый геохимический ландшафт характеризуется определенным типом стока.

В основу геохимического районирования положены щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные особенности почв и вод, которые зависят от климата.

Геохимическое районирование выделяет следующие провинции:

### *I. Провинция щелочных и нейтральных вод*

1. подпровинция сухих степей и пустынь (Закавказье, Средняя Азия, Южная Сибирь). Миграция – слабая, гидрогеохимия не возможна, часто подземные воды слабоминерализованы, возможно применение биогеохимии.

2. лесостепи и черноземельные степи (Кавказ, Урал, Южная Сибирь. Миграция здесь больше. Минерализация воды слабая – применение гидрогеохимии благоприятно).

### *II. Кислые и нейтральные воды и почвы:*

1. подпровинции – Тайга Европейского Севера, Урала, Сибири и Дальнего Востока – здесь возможны промывка и выщелачивание верхних горизонтов. Благоприятно применение гидрохимии, но трудно за счет низких содержаний.

2. лесные горы Карпат и Малого Кавказа – здесь теплее и меньше болот.

### *III. Провинция кислых и нейтральных вод:*

Для нее характерно широкое развитие вечной мерзлоты. Здесь миграция слабая, поэтому трудно использовать гидрогеохимию и биогеохимию.

Подпровинции:

а) Восточная Сибирь

б) Тундра Европейского и Азиатского Севера

Провинция интересна: здесь нужно применять всю геохимию.

#### *IV. Высокие горы Кавказа, Средней Азии, Алтая и Саян:*

Характерна вертикальная зональность. Подножный ландшафт (жаркая часть Центральной Азии). Средняя часть – лесной ландшафт (влажный климат); высокогорная – альпийский рельеф, голые скалы, ледники (влажный и холодный климат). Миграция различна в этих геохимических зонах и, следовательно, различна методика геохимических поисков, эффективно применение прикладной геохимии.

#### *3 вопрос. Факторы миграции химических элементов*

*Миграция* с точки зрения геохимии ландшафта – это перемещение и перераспределение элементов как результат эндогенных и экзогенных процессов в составных частях ландшафта.

*Миграция химических элементов* происходит в жидких, газообразных и твердых системах. Она создает разнообразие неживой природы и жизненных форм. К активным мигрантам в широком диапазоне термодинамических условий относятся галогены, щелочные металлы. Для элементов группы платины характерно механическое перемещение. Миграция остальных зависит от геохимической обстановки.

#### *Внутренние и внешние факторы миграции.*

В условиях ландшафта миграция элемента определяется *внутренними факторами* миграции. К ним относятся: особенности ионов, форма в которой присутствует элемент, химические свойства элемента, его способность давать соединения различной растворимости, летучести, твердости, поглощаться организмами и т. д.

*Внешние факторы миграции* – обстановка, в которой мигрируют атомы – температура, давление, щелочно-кислотные условия (pH), окислительно-восстановительные условия вод (Eh).

#### *4 вопрос. Виды миграции химических элементов*

Выделяются следующие основные виды миграции:

1. Механическая миграция – миграция элементов в минеральной форме, зависит преимущественно от величины частиц минералов и пород, их плотности. Химические свойства при этом не имеют значения.

2. Водная миграция (физико-химическая) – миграция элементов в водных растворах или взвесьях.

3. Воздушная миграция.

4. Биогенная миграция – связана с деятельностью живых организмов.

5. Техногенная миграция – связана с антропогенными процессами – разработкой месторождений, транспортом и т. д. Она определяется социальными закономерностями, хотя ей присущи и все более простые формы движения.

## 5 вопрос. Миграционные потоки химических элементов

Выделяют три главных типа потоков химических элементов и их соединений в геохимическом ландшафте:

- 1) основной миграционный цикл;
- 2) ландшафтно-геохимический поток;
- 3) внеландшафтный геохимический поток.

*Основной миграционный цикл* характеризуется преимущественно вертикальным перемещением вещества и близок более узкому понятию биогеохимического круговорота.

*Ландшафтно-геохимический поток* отображает непрерывное поступательное движение вещества в ландшафтах (например, атмосферного воздуха в элювиальном ландшафте или воды в аквально-ландшафте) и может вызывать физические или химические перестройки в ландшафте, связанные с удалением или привносом вещества.

Когда вещество удаляется или, наоборот, привносится в ландшафт, формируется *внеландшафтный геохимический поток*. Этот поток будет положительным в случае привноса вещества в ландшафт и отрицательным при удалении вещества из ландшафта.

## 6 вопрос. Ландшафтно-геохимические катены и арены

Компоненты ландшафта представляют собой блоки *элементарной ландшафтно-геохимической системы (ЭЛГС)*. Функционирование ЭЛГС осуществляется путем обмена веществом, энергией и информацией между блоками и субблоками при многократном изменении химического и фазового состояния веществ. Каналами связи между блоками ЭЛГС являются миграционные потоки.

Серия элементарных ландшафтов, сменяющих друг друга от местного водораздела к местной депрессии рельефа и связанных латеральными направленными миграционными потоками, образует *каскадную ландшафтно-геохимическую систему (КЛГС)*, где каждый элементарный ландшафт – звено, или блок общей системы.

*Ландшафтно-геохимическая катена* – цепь, ряд элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией, расположенных на одном склоне от вершин холмов до понижений рельефа. Катены являются простейшим видом КЛГС. К катенам относятся бассейны рек любого порядка, причем для бассейна каждого водотока можно выделить три катены – на левом берегу, на правом берегу и в верховьях.

По происхождению материала катены делятся на *автохтонные* (главным образом в бассейнах рек первого порядка) и *аллохтонные* (в их нижних звеньях накапливается «чужой» материал, принесенный из других звеньев, располагающихся в верхней части бассейна). Все дальнепринесенные отложения называются *аллохтонными*.

По геологическому строению выделяют *монолитные катены* (вся катена сложена одними и теми же породами) и *гетеролитные катены* (разные породы). Происхождение пород существенно влияет на характер миграции в катене. Автохтонные катены всегда монолитные, аллохтонные – обычно гетеролитные.

Другие виды КЛГС

Совокупность ландшафтно-геохимических катен, ограниченных общим водосборным, а соответственно и солесборным бассейном, называется *ландшафтно-геохимической ареной*. В зависимости от порядка водосборных бассейнов выделяют мега-, макро-, мезо- и микроарены. Геохимическая структура и структура миграционных потоков усложняется по мере увеличения размеров арен.

### *7 вопрос. Барьеры миграции*

Согласно современным представлениям, различают следующие геохимические барьеры в биосфере:

- физико-химический;
- механический;
- биогеохимический;
- техногенный (социальный).

Первые три типа геохимических барьеров существовали в биосфере до возникновения человеческой цивилизации. Последний, техногенный, появляется в результате целенаправленного воздействия человека на окружающую среду и его роль все возрастает.

*Физико-химические барьеры* – наиболее обширный тип геохимических барьеров, обусловлен изменением интенсивности миграционных потоков элементов в результате протекания различных физико-химических процессов в литосфере и гидросфере.

*Механический барьер* – участок резкого уменьшения интенсивности механической миграции химических элементов. На таких барьерах формируются золотые, платиновые, оловянные, монацитовые, алмазные и прочие россыпи. Такого типа барьеры образуются на путях распространения литохимических потоков рассеивания в результате уменьшения скорости и несущей способности потока и, как следствие, выпадения тяжелой фракции.

*Биогеохимический барьер* связан с биогенным концентрированием химических элементов. Примером такого барьера является верхний гумусовый слой почвы, где концентрируются металлы в результате образования различных малорастворимых металлоорганических соединений. На биогеохимических барьерах образуются залежи горючих ископаемых (концентрируется углерод) – угля, торфа, нефти. С биогеохимическим барьером также связано образование залежей известняка, фосфоритов, селитры (концентрируются углерод, кальций, азот, фосфор).

*Техногенные геохимические барьеры* связаны с деятельностью человека, приводящей к образованию техногенных потоков рассеивания химических элементов и их концентрированию в различных геосферах. Ярким примером является складирование и захоронение отходов, в которых содержание химических элементов в десятки и сотни раз превышает их числа в литосфере.

Геохимические барьеры могут существенно отличаться друг от друга не только концентрациями определенных элементов, но и величиной (размерами) самих барьеров.

По этому критерию А.И. Перельманом были выделены макро-, мезо- и микробарьеры.

Макробарьеры имеют ширину до одного километра, а длину тысячи километров. Примером таких барьеров являются современные и древние зоны смешения речных и морских вод.

Мезобарьеры имеют протяженность до десятков километров при ширине до сотен метров. Их примером являются краевые зоны болот, где происходит концентрирование многих элементов, выносимых с водоразделов.

Размеры микробарьеров колеблются от нескольких миллиметров до нескольких метров. Примером таких барьеров являются выходы на поверхность грунтовых глеевых вод, из которых под действием кислорода воздуха отлагается гидроксид трехвалентного железа  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Понятие о геохимических барьерах относится к числу важнейших в геохимии. Их изучение началось сравнительно недавно (во второй половине 20-го века), многие особенности накопления на них химических элементов еще до конца не выяснены.