

# Биогенная миграция

**Живое вещество** – совокупность живых организмов, выраженная в единицах массы и энергии (В.И. Вернадский).

Живое вещество, захватывая энергию Солнца, создает химические соединения, при распаде которых эта энергия освобождается в форме производящей химическую работу.

Живые организмы не второстепенные участники геологических процессов, оказывающие влияние на общий ход неорганических явлений в земной коре, а главный фактор миграции химических элементов.

Биогенная миграция химических элементов в ландшафте определяется двумя противоположными и взаимосвязанными процессами:

- 1) образованием живого вещества из элементов окружающей среды;
- 2) разложением органических веществ.

В совокупности эти процессы образуют единый биологический круговорот атомов — бик.

Из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  под влиянием хлорофилла или другого пигмента, играющего роль катализатора, и солнечной энергии зеленые растения синтезируют углеводы и другие органические соединения, условно изображаемые как  $[\text{CH}_2\text{O}]$ .

Одновременно в результате разложения воды выделяется свободный  $\text{O}_2$ .

Исходные вещества фотосинтеза —  $\text{CO}_2$   
и  $\text{H}_2\text{O}$  на земной поверхности не  
являются ни окислителями, ни  
восстановителями.

В ходе фотосинтеза эта "нейтральная среда" раздваивается на противоположности:

- сильный окислитель — свободный кислород
- сильные восстановители — органические соединения.

Вне организмов растений разложение  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  возможно только при высоких температурах, например, в магме, в доменных печах.



С и Н органических соединений, а также выделившийся при фотосинтезе свободный O<sub>2</sub> “заряжаются” солнечной энергией, становясь “геохимическими аккумуляторами”.

Растения состоят не только из С, Н и О, но также из N, P, K, Ca, Fe и других химических элементов, которые они получают в виде сравнительно простых минеральных соединений из почв или водоемов.

Поглощаясь растениями, эти элементы входят в состав сложных богатых энергией органических соединений (N и S — в белки, P — в нуклеопротеиды и т. д.) и также становятся геохимическими аккумуляторами.

Данный процесс называется биогеогенной аккумуляцией минеральных соединений, благодаря которой элементы переходят в менее подвижное состояние, т.е. миграционная способность их понижается.

Энергия, выделяющаяся при окислении, используется микроорганизмами для синтеза органических веществ из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , минеральных солей.

Существуют аналогичные автотрофные микроорганизмы, окисляющие  $\text{S}$  и  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  - процессы хемосинтеза.

Животные, некоторые растения и микроорганизмы, не способные создавать органические соединения из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , используя белки, жиры, углеводы и другие вещества растений, синтезируют новые белки, жиры, углеводы своего тела → образуются сотни тысяч органических соединений

При образовании живого вещества происходит качественное изменение информации, возникает более сложный ее вид — биологическая информация. Она еще более разнообразна, так как известны сотни тысяч видов растений и миллионы видов животных.

При образовании живого вещества происходит:

- аккумуляция энергии,
- увеличивается разнообразие,
- растет информация, возникает новый более сложный ее вид — биологическая информация,
- увеличиваются упорядоченность, сложность, организация природы, растет негэнтропия,
- уменьшается информационная и термодинамическая энтропия.



В живом веществе ландшафта  
абсолютно преобладает фитомасса,  
много меньше зоомассы и  
микроорганизмов.

Обычно зоомасса не превышает 2% от  
массы растений и лишь изредка  
достигает 10%.

В связи с этим энергетическая роль животных по сравнению с растениями мала, но значение животных существенно в явлениях саморегулирования ландшафта.

В зоомассе в 10—100 раз больше беспозвоночных, чем позвоночных, травоядные животные (фитофаги) в сотни и тысячи раз преобладают над хищниками.

# Соотношение биомассы и ежегодной продукции. Группы и типы ландшафтов.

По этому показателю четко выделяется пять групп ландшафтов

**Группа А. Лесные ландшафты** - с максимальной аккумуляцией солнечной энергии, лишь незначительная часть которой ежегодно превращается в энергию геохимических процессов.

Биомасса в десятки раз превышает ежегодную продукцию (Б измеряется тысячами ц/га, П — десятками и сотнями).

## Для ландшафтов группы А характерна:

- высокая когерентность — интенсивные прямые совершенные водные связи между почвой, корой выветривания, грунтовыми водами, континентальными отложениями и поверхностными водами,
- ярко выражен водораздельный центр.

Ландшафт отличается сложностью и устойчивостью.

Биокосные отрицательные обратные связи проявляются слабо.

## **Группа В. Степные, луговые и частично саванновые ландшафты**

Ландшафты со средним накоплением солнечной энергии, биомассой в сотни и десятки ц/га, значительная часть которой ежегодно превращается в энергию геохимических процессов.

Ежегодная продукция (П) в данной группе значительна и местами не уступает группе А. В связи с этим Б:П на порядок меньше, чем в лесах. Запасы гумуса в 10—20 раз превышают биомассу.



## ● **Группа С.**

Это ландшафты тундр и особенно верховых болот со средним и малым накоплением солнечной энергии и медленным ее превращением в энергию геохимических процессов.

Биомасса в них составляет десятки и сотни центнеров на гектар, ежегодная продукция низкая. Способность растений улучшить среду обитания выражена слабо.

По интенсивности прямых водных связей и величине Б:П тундры ближе к лесной группе, а по размерам биомассы, развитию обратных биокосных связей — к степям и лугам.

Большое значение имеют прямые воздушные связи. Разнообразие, самоорганизация и устойчивость низкие и напоминают пустыни.

## Группа D. Пустынные ландшафты.

Ландшафты среднего и малого накопления солнечной энергии и незначительного ее влияния на энергию геохимических процессов. Для этих ландшафтов характерны небольшие Б и П, низкая когерентность.

Прямые водные связи ослаблены, отдельные природные тела почти независимы друг от друга (элювиальная почва — грунтовые воды и т.д.). Резко выражены прямые воздушные связи. Это ландшафты с наименее совершенной, наиболее расшатанной связью.

Центр ландшафта выражен слабо.  
Пустыни характеризуются наименьшими  
разнообразием, самоорганизацией,  
устойчивостью.

## **Группа Е.**

Ландшафты с крайне малым накоплением солнечной энергии — ничтожной биомассой.

К этой группе относятся такыры, шоровые солончаки, скалы, покрытые лишайниками, и другие примитивные пустыни.

Биомасса здесь местами менее 1 ц/га, отношение Б:П различно. Разнообразие, самоорганизация и устойчивость низкие.

Границы между А, В и С группами резкие (контрастные), а между В, D и E — постепенные (размытые), не всегда точно определяемые. С этим, например, связаны методические сложности разграничения сухих степей и пустынь, выделение таких “переходных образований”, как “полупустыни”.



“Закон минимума” - дефицитность одного из факторов тепла или влаги приводит к тому, что изменение другого в определенных пределах не оказывает существенного влияния на тип ландшафта.

## Кларки живого вещества.

В организмах обнаружены почти все элементы периодической системы, но кларки большинства из них очень малы. Так, Mo в живом веществе  $2 \cdot 10^{-5}\%$ ; Ni —  $8 \cdot 10^{-5}\%$ ; Cu —  $3,2 \cdot 10^{-4}\%$  и т.д.

Для биологических объектов используются три основных способа выражения химического состава:

- в расчете на живую (сырую) массу организма,
- на массу сухого органического вещества,
- на золу, т.е. на количество минеральных веществ.

Кларки живого вещества уменьшаются с ростом атомной массы элементов, но, как и для земной коры, прямой зависимости нет.

Живое вещество в основном состоит из элементов, образующих газообразные соединения, — воздушных мигрантов.

Нет прямой пропорциональности между кларками живого вещества и земной коры.

Живое вещество — это в первую очередь “кислородное вещество”, О в нем 70%.

Из водных мигрантов в организмах преобладают наиболее подвижные: Са больше, чем Al и Fe, К больше, чем Si и т. д. (в земной коре наоборот).

В живом веществе в целом мало U, Hg, W и других ядовитых элементов, хотя они и образуют растворимые соединения. Относительно низко содержание Zr, Ti, Ta и других малоподвижных элементов.

Интенсивность биологического поглощения. Биогеохимические коэффициенты.

Биофильность - кларки концентрации элементов в живом веществе.

Наибольшей биофильностью обладает С (7800), менее биофильны N (160) и H (70). Близки по биофильности анионогенные элементы — O (1,5), Cl (1,1), S (1), P (0,75), B (0,83), Br (0,71) и т.д. Наименее биофильны Fe (0,002) и Al (0,0006).

Т.е. живое вещество в основном состоит  
из элементов, образующих газообразные  
и растворимые соединения, его состав  
лучше коррелирует с составом  
гидросферы и атмосферы, чем  
литосферы.

Интенсивность поглощения -  
отношение количества элемента в золе  
растений к его количеству в почве или  
горной породе (Б.Б. Польшовым) . Этот  
показатель А.И. Перельман назвал  
коэффициентом биологического  
поглощения  $A_x$ :

$$A_x = I_x/n_x,$$

где  $I_x$  — содержание элемента  $x$  в золе  
растения,  $n_x$  — в горной породе или  
почве, на которой произрастает данное  
растение.



Существует и множество других коэффициентов, например:

- общая биогенность – отношение средних содержаний элементов к кларкам литосферы или отдельных регионов (частная биогенность).
- биотичность - отношение содержания элемента в сухом веществе организма к кларку биосферы.

Объективную картину дает сравнение сухого вещества растений и подвижных, доступных для растений воднорастворимых, солевых, органо-минеральных форм элементов, извлекаемых из почв слабыми растворителями.

Это отношение называется коэффициентом биогеохимической подвижности  $V_x$  (Н.С. Касимов).

Этот коэффициент характеризует доступность элементов растениям и степень использования ими подвижных форм элементов, содержащихся в почве.

Значения  $V_x$  у большинства элементов обычно значительно выше, чем  $A_x$ .

Элементный состав конкретного  
организма зависит от его  
систематической принадлежности,  
возраста, места обитания,  
индивидуальных особенностей жизни и  
многих других причин.

“Биогеохимические особенности организмов” — содержание элементов в систематических единицах разного таксономического ранга (вида, рода, семейства и т.д.).

Можно говорить о геохимии растений (фитогеохимии), животных (зоогеохимии), человека (антропогеохимии), микроорганизмов.

Существует биогеохимическая классификация организмов.

## **Биогеохимическая активность вида**

- способность вида накапливать химические элементы, выраженная в суммарных кларках концентрации (А.Д. Айвазян).

Растительный покров является биогеохимическим барьером, на котором концентрируются воздушные мигранты — C, O, H, N, J, в некоторых ландшафтах и многие водные мигранты.

Если считать на золу, то на биогеохимическом барьере накапливаются - P, S, Cl, Br, B, в отдельных ландшафтах и отдельными видами также Ca, Mg, Na, Zn, Cu, Mo и другие элементы.

Химический состав растений зависит от их систематического положения и геохимических особенностей ландшафта.

Для макроэлементов ведущее значение имеет систематическое положение - физиологические особенности организмов, закрепившиеся наследственностью в период видообразования.



Для многих микроэлементов ведущее значение имеют геохимические особенности ландшафтов.