

Белгосуниверситет
Географический факультет

Лекции по курсу
ГЕОХИМИЯ
для студентов 1 курса з/о

доцент Смыкович Людмила Ивановна

Минск, 2015

Физико-химическая миграция

Водная миграция химических элементов

- Большинство химических элементов мигрирует в воде в ионной, молекулярной или коллоидной формах.

Ионы

- простые (K^+ , Na^+)
- сложные (SO_4^{2-} , CO_3^{2-})
- комплексные $[Cu(CO_3)_2]^{2-}$, $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$
- преобладают Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ (+ K^+), HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- -- шестикомпонентный состав
- все воды содержат ионы H^+ , OH^-

Газы

- Важнейшие: O_2 , CO_2 , H_2S

Растворенное органическое вещество (РОВ)

Интенсивность водной миграции элементов

- коэффициент водной миграции K_x

$$K_x = \frac{100 * m_x}{a * n_x}$$

m_x – содержание элемента в воде (г/л),

n_x – содержание элемента в породе (литосфере) (%),

a – минерализация вод (г/л);

$(100 * m_x) / a$ - содержание элемента в воде (%)

Геохимическая классификация вод

- Классификация вод по Перельману А.И. (1989):

группа

тип

класс

семейство

род

вид

Группа вод

- выделяется по температуре вод:

Группа холодных и слаботермальных вод

($t \leq 40^\circ \text{C}$);

Группа горячих и умеренно перегретых вод ($t=40-200^\circ \text{C}$);

Группа сильноперегретых вод ($t=200-375^\circ \text{C}$);

Группа флюидных вод ($t>375^\circ \text{C}$).

Типы вод

- выделяются по окислительно-восстановительным условиям (ОВУ)
- Важнейший окислитель в ландшафте - кислород. Окислителями могут быть и другие элементы, способные принимать электроны: Fe(III), Mn(IV), S(VI), N(V) и др.

- Восстановителями являются элементы, способные отдавать электроны: Fe(II), S²⁻, H₂, Mn(II), элементы в металлическом состоянии : Cu, As, Cr(III), V(III) и т.д.
- Важнейшими восстановителями в ландшафте являются органические вещества (органические кислоты и др.), Fe(II), H₂.

Типы вод в ландшафте по окислительно-восстановительным условиям:

- 1) тип кислородных вод (с окислительной обстановкой);
- 2) тип глеевых вод (с восстановительной глеевой (без H_2S) обстановкой);
- 3) тип сероводородных (сульфидных) вод (с восстановительной сероводородной (с H_2S) обстановкой).

- С изменением ОВУ связано формирование геохимических барьеров
- На участках резкой смены восстановительной обстановки на окислительную (при резком повышении E_h) возникает окислительный кислородный барьер А. Осаждаются гидроксиды Fe и Mn, образуя железо-марганцевые конкреции, болотные и озерные руды.

- Там, где кислородные или глеевые воды контактируют с сероводородной средой, возникает восстановительный сероводородный барьер V_2 , на котором осаждаются многие металлы, образующие нерастворимые сульфиды, особенно, сульфиды Fe: пирит, маркозит (FeS_2), гидротроиллит ($FeS \cdot nH_2O$); реже - сульфиды Cu (халькозин, ковеллин), Pb (галенит), Zn (сфалерит) и т.д.

- При встрече кислородных вод с глеевой средой формируется глеевый барьер С, на котором концентрируются U, Se, V, местами – Си. Такие металлы, как Fe, Mn, Pb, Zn в этих условиях энергично мигрируют.

Классы вод по щелочно-кислотным условиям.

ЩКУ определяются концентрацией H^+ : $pH = - \lg [H^+]$

Классификация природных вод по щелочно-кислотным условиям

Классы вод	ЩКУ	Чем обусловлены ЩКУ
Сильнокислые	$pH < 3$	Свободной серной (в районах добычи S), реже – соляной (в вулканических р-нах) кислотой
Кислые и слабокислые	$3 < pH < 6.5$	Органические кислоты, CO_2
Нейтральные и слабощелочные	$6.5 < pH < 8.5$	$Ca(HCO_3)$
Сильнощелочные	$pH > 8.5$	$Na_2CO_3, Na(HCO_3)$

- Элементы, наиболее подвижные в кислых средах: Ca, Sr, Ba, Ra, Cu, Zn, Cd и др.
катионогенные элементы, т.е. элементы, образующие катионы, преимущественно – металлы.
- Элементы, наиболее подвижные в щелочных средах: V^{5+} , As^{5+} , Se, Mo, Si, Ge, Cr и др.
анионогенные элементы. Анионогенные и катионогенные элементы менее подвижны в нейтральных водах.

- Если увеличение pH происходит резко на границе горизонтов, т.е. кислая реакция сменяется щелочной на коротком расстоянии, там формируется **щелочной барьер D**. На щелочном барьере могут концентрироваться Fe, Ca, Mg, Mn, Ba, Sr, Cr, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd и др. металлы. В общем случае щелочной барьер формируется при резком увеличении pH.

- Менее характерны для ландшафтов **кислые барьеры E**, возникающие при резком уменьшении pH. На кислом барьере осаждаются анионогенные элементы: Si, Se, Mo, Ge и др.

- Комплексные соединения. Большинство металлов находятся в природных водах не в виде простых ионов, а в виде комплексных ионов типа $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$, $[\text{NaSO}_4]^-$, $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$
- «Принцип подвижных компонентов»: роль элемента в ландшафте определяется его содержанием в среде и интенсивностью миграции.
- К типоморфным относятся следующие элементы или ионы: O_2 , CO_2 , H_2S , H^+ , OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} и др.

Семейства вод выделяются по общей минерализации.

Классификация природных вод по степени минерализации

класс вод	минерализация (г/л)	Географическое распространение
Ультрапресные	< 0.1	Атм. осадки, поверхностные воды тундры, частично-тайги, влажных тропических и экваториальных лесов
Пресные	$0.1 - 1$	Южная и средняя тайга, широколиственная леса, лесостепь, степь
Солоноватые	$1-3$	Ландшафты с аридным климатом
Соленые	$3-35$	Ландшафты с аридным климатом
Рассолы	>35	Воды морей и океанов

- По содержанию РОВ выделены четыре рода вод.
- Воды, богатые РОВ гумусового ряда, в соединении с которыми мигрируют многие рудные элементы.
- Воды, богатые РОВ нефтяного ряда. В составе РОВ преобладают низкомолекулярные жирные кислоты.
- Воды, бедные РОВ: воды некоторых горных рек, аридных районов, высокогорных озер и др.
- Воды, промежуточные по содержанию РОВ: океанические и др.

- Виды вод выделяются по ионному составу вод.
- Наиболее распространены 6 ионов:
 - три катиона (Ca, Mg, Na) и
 - три аниона (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-).
- Ввиду огромного разнообразия вод по ионному составу, предлагается виды выделять по анионам, подвиды – по катионам, разновидности – по их соотношению.

Геохимические барьеры

Геохимический барьер (ГХБ) – участок земной коры, где на коротком расстоянии происходит резкое *уменьшение интенсивности миграции химических элементов*, и, как следствие, их *концентрация*.

- Изменение условий миграции химических элементов
- Концентрация элементов или их соединений

Классификация ГХБ

- *Группы барьеров*

природные и техногенные.

- В каждой группе выделяются *типы* барьеров: механические, физико-химические, биогеохимические.

- В каждом типе выделяются *классы* барьеров.

Геохимические барьеры в ландшафтах

Тип ГХБ	Класс	Элементы, накапливающиеся на барьере	Местонахождение в ландшафтах
Биогеохимические	фитобарьер	С, О, Н, N, J, Са, К, Р, В, Sr, Mn и др.	Растительный ярус
	биогеохимический	Са, К, Р, В, Sr, Mn, Ni, Со и др.	Гумусовые и торфяные горизонты почв

Физико-химические

Класс	Элементы, накапливающиеся на барьере	Местонахождение в ландшафтах
Кислородный (окислительный)	Fe, Mn	Верхние горизонты дерново-глеевых почв и т.п.
Восстановительный глеевый	U, V, Se, Cu	Краевые зоны болот в таежно-лесной зоне
Восстановительный сероводородный	Fe, Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Hg и др.	В нижней части солончаков
Щелочной	Fe, Ca, Mg, Mn, Ba, Sr, Cr, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd и др.	Контакт силикатных и карбонатных пород

Физико-химические

Класс	Элементы, накапливающиеся на барьере	Местонахождение в ландшафтах
Кислый	Si, Se, Mo, Ge и др.	По краям березовых колков
Испарительный	Ca, Na, K, F, Cl, S, Sr, Zn и др.	Солончаки, соленые озера, засоленные почвы
Сорбционный: отрицат. коллоиды <i>положит.</i> <i>коллоиды</i>	Ca, K, Mg, Pb, Zn, Ni, Cu, Cs, Co <i>P, S, V, Cr, Mo</i>	Гумусовые и иллювиальные горизонты, краевые зоны болот; <i>Влажные тропики</i>
Термодинамический	кальцит в форме известковых туфов	Выходы карстовых вод, ключей

Механические

**Au, Pt, Sn, Ti,
алмазные
россыпи**

**Места
изменения
скорости
течения вод**

Биогенная миграция

- *Живое вещество* –
совокупность всех живых
организмов Земли
(по Вернадскому В.И.)

Миграция химических элементов в ландшафте определяется двумя противоположными процессами:

- 1. образование живого вещества из элементов окружающей среды или биогенная аккумуляция;
- 2. разложение органических веществ.

Эти 2 процесса составляют суть биологического круговорота (БИКа).

Образование живого вещества

хлорофилл



Газ + жидкость	Твердое вещество + газ
Типичны ионные связи	Характерны ковалентные и др. неионные связи
Простые минеральные соединения	Сотни тысяч органических соединений
Нейтральная система	Сильный восстановитель и сильный окислитель
	Аккумуляция солнечной энергии
Возникновение нового вида информации	- биологического

Средний химический состав живого вещества

- Воздушные мигранты O (70%), C (18%), H(10,5%), N (0,3%) $\approx 98,8\%$
- Водные мигранты Ca (0,5%), K (0,3%), Na(0,2%), Mg (0,04%) и др. $\approx 1,2\%$
- Микроэлементы Mn, Al, Zn, Sr, B, Si и др. $\leq n \times 10^{-3} \%$

Разложение органических веществ



Твердое вещество + газ	Газ + жидкость
Сотни тысяч органических соединений	Простые минеральные соединения
Аккумуляция солнечной энергии	Высвобождение энергии в тепловой и химической формах
Биологическая информация	уничтожается
Химическая информация	упрощается
Происходит на свету	Везде, где есть микроорганизмы

Классификация элементарных ландшафтов

- Элементарный ландшафт – участок территории с однородным рельефом, породой, почвенной разновидностью, растительной ассоциацией.

- Единицы классификации ЭЛ:

Ряд *по виду миграции*

Группа *по соотношению*

Тип *биомассы (Б) и*

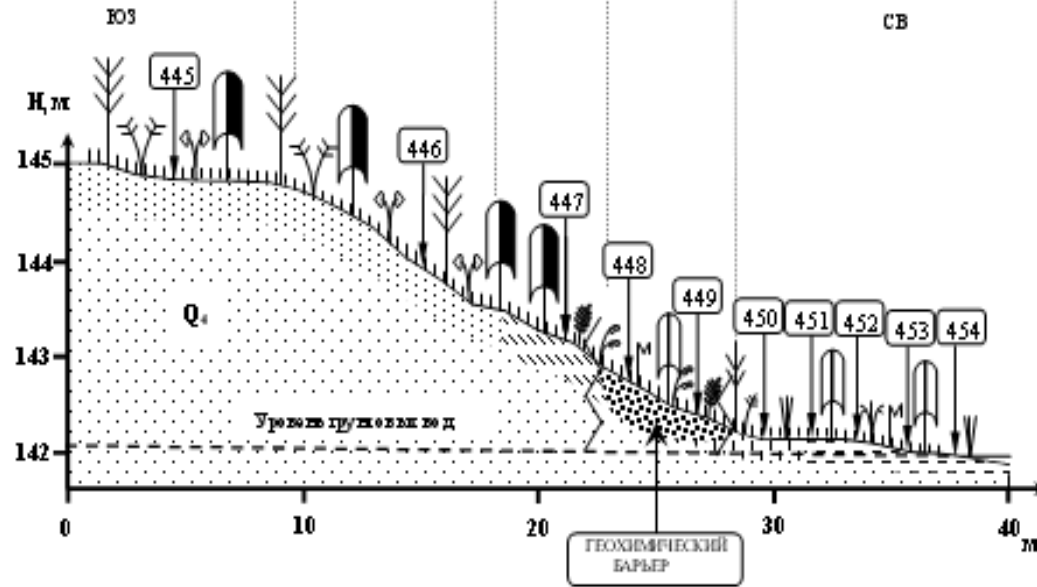
Семейство *продуктивности (П)*

Класс *индивидуальные*

Род *характеристики*

Вид *геосистемы*

Род	БИОГЕННЫЙ			
Группа	ЛЕСНЫЕ		ЛУГОВЫЕ И БОЛОТНЫЕ	
Вид	ВТОРИЧНЫЕ МЕЛКОЛИСТВЕННЫЕ ЛЕСА		БОЛОТНЫЕ	
Составляющие	Листолиственный сосновый и березовый лес		Листолиственный хвойно-березовый лес	Листолиственный тугайно-болотный
Класс	Н		Н-Н-Fe	Н-Fe
Род	9	Т9	ТА	ТС
Вид	На эвродунальных		На флювиальных и эвродунальных	



Условные обозначения

Почвенно-растительный

- дерново-подзолистая хвойно-березовая
- дерново-подзолистая хвойно-березовая-туяновая
- торфяно-подзолистая дерново-хвойно-березовая-туяновая
- торфяно-подзолистая хвойно-березовая-туяновая
- торфяно-подзолистая хвойно-березовая-туяновая



береза



лиственница



ель



сосна



березка



ольха



ива



сирень



злаки



рогозы



сирень



геолuviческий барьер

- Ряды элементарных ландшафтов выделяются по виду миграции: абиогенные, биогенные и техногенные (культурные).
- Биомасса (Б) - совокупная масса растительных и животных организмов ЭЛ. Ежегодная продукция (П) – скорость прироста биомассы за год. Измеряются Б и П в центнерах сухого вещества на гектар.

Основные группы биогенных ландшафтов

Биомасса ц/га		$n \times 10^3$	$n \times 10^2$	$n \times 10$	n
Б П	$n \times 10$	I. Лес- ная	IV. Тундры		V. Прими- -тивные пустыни
	n		II. Сте- пи, лу- га, са- ванны	III. Пусты- -ни	

Тип ландшафта

$$\lg \Pi = k \lg Б$$

$$\Pi = Б^k$$

$k = 0,54-0,55$: тайга

$k = 0,58-0,60$: широколиственные леса
умеренного пояса

$k = 0,64-0,66$: тропические леса

Семейства элементарных ландшафтов

Северо-таежное, средне-таёжное и южно-таежное семейства

Классы элементарных ландшафтов

обозначаются по типоморфным элементам:

Н – класс, Са – класс, Н-Fe-класс и т.д.

Роды элементарных ландшафтов

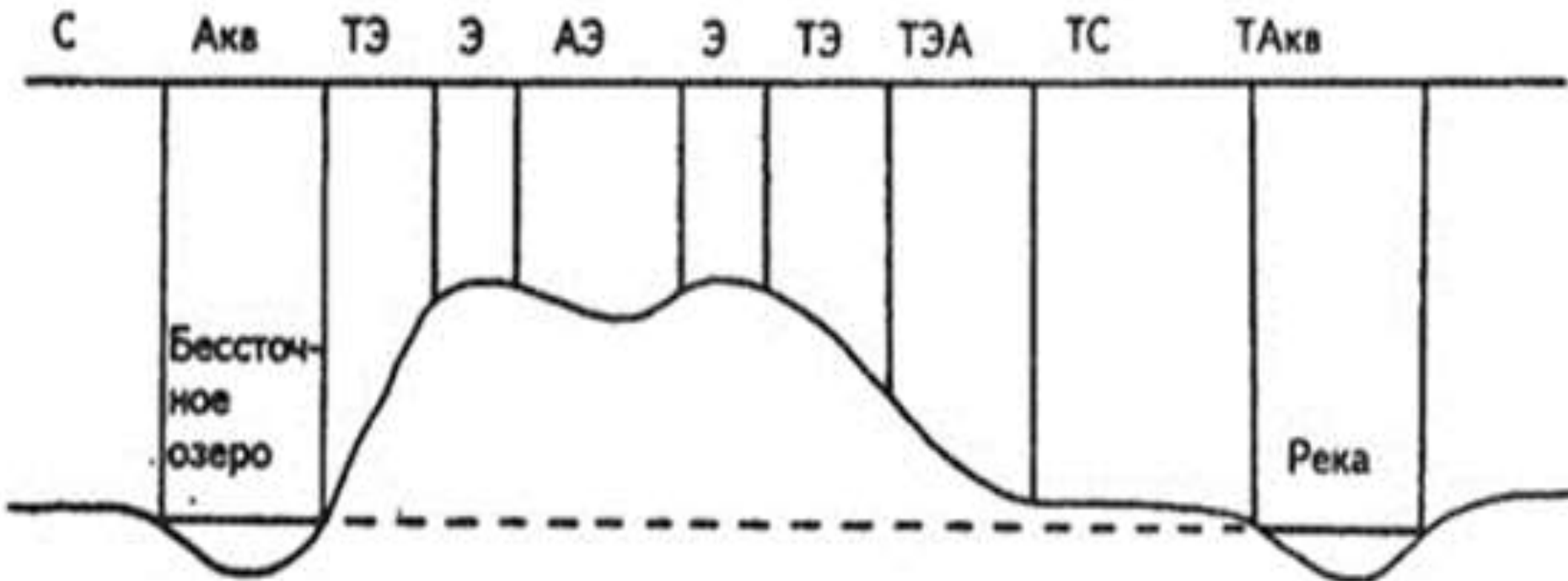


Рис. 5. Схема классификации элементарных ландшафтов по Полюнову — Глазовской

Условные обозначения: Э — элювиальные, АЭ — аккумулятивно-элювиальные, ТЭ — трансэлювиальные; ТЭА — трансэлювиально-аккумулятивные, ТС — транссупераквальные, С — супераквальные, ТАкв — трансаквальные, Акв — аквальные

- Индекс элементарного ландшафта

Класс / род / вид

H/Э/e – H/ТЭ/e - H/ТА/e -

H-H-Fe/ТС/fg - H-Fe/С/fg

Спасибо за внимание