

**ФАКТОРЫ,  
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ  
РАЗМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ  
ОСАДОЧНЫХ ФИЗИКО-  
ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ**

- Специфика осадочных процессов определяется климатом и геологическим строением территории

# КЛИМАТ

- 1. Важнейшими климатическим факторами являются температура и количество атмосферных осадков.
- 2. В районах влажного климата природные воды представляют собой ненасыщенные растворы, особенно в отношении редких элементов (меди, никеля, урана, селена и др.).
- 3. Воды неравновесны с породами, равновесие здесь никогда не достигается. Поэтому воды агрессивны, а формирование их химического состава во многом зависит от скорости растворения и выветривания, то есть от времени взаимодействия воды и породы, осадка.
- 4. В сухом климате происходит испарительная концентрация, и воды насыщены ионами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}^-$ , частично  $\text{SiO}_2$  и т.д. Редкими элементами воды часто ненасыщены.
- 5. Состав вод меньше зависит от состава пород и осадка.
- 6. Климат – фактор формирования живого вещества. Солнечная энергия оказывает влияние на осадочный процесс через биологический круговорот атомов. При этом освобождается энергия в форме, способной совершать химическую работу в процессе минерализации органического вещества.

- 1. Чем влажнее и теплее климат, тем больше создается живого вещества и интенсивнее протекают процессы его разложения, обогащающие воды углекислым газом, органическими кислотами и другими соединениями, тем интенсивней протекают эпигенетические процессы.
- 2. Наиболее интенсивно влияние климата проявляется в почвах, коре выветривания и грунтовых водах.

# Геологическое строение

- 1. Роль геологического строения в осадочном процессе возрастает с глубиной. Она менее значительна в почвах, более велика в коре выветривания и грунтовых водах и еще более – в глубоких горизонтах литосферы.
- 2. Основное значение имеет не абсолютное содержание того или иного компонента в породе, а степень его подвижности.
- 3. Влияние составных частей пород на осадочных процесс подчиняется принципу подвижных компонентов.
- 4. Химическая активность горных пород – способность взаимодействовать с природными водами. Эта способность характеризуется изменением рН раствора при его взаимодействии с минералами и породами.
- 5. Химическая активность характеризуется:
  - а) химической активностью АК (3,0) в кислых растворах с рН 3 и
  - б) химической активностью АВ (6,2) в дистиллированной воде с рН 6,2.

# Сравнительная химическая активность минералов

Название минералов	Значение pH по кислоте АК (3,0)	Значение pH по воде АВ (6,2)	Класс активности
Марказит $FeS_2$	2,85	2,75	I
Пирротин $Fe_nS_{n+1}$	3,0	5,75	
Пирит $FeS_2$	3,0	5,8	II
Диаспор $Al_2O_3$	3,0	6,2	
Родохрозит $MnCO_3$	3,0	6,2	
Антимонит $Sb_2S_3$	3,0	6,2	
Буланжерит $Pb_5Sb_4S_{11}$	3,0	6,2	
Галенит $PbS$	3,0	6,3	
Аурипигмент $As_2S_3$	3,0	6,3	
Магнетит $FeFe_2O_4$	3,0	6,4	
Альбит $Na[AlSi_3O_8]$	3,0	6,5	
Ярозит $KFe_3[SO_4]_2(OH)_6$	3,0	6,7	
Сидерит $FeCO_3$	3,0	6,8	
Флюорит $CaF_2$	3,08	6,2	III
Диопсид $CaMg[Si_2O_6]$	3,1	6,2	
Серпентин $Mg[Si_4O_{10}](OH)_8$	3,1	6,2	
Сфалерит $ZnS$	3,1	6,4	
Гематит $Fe_2O_3$	3,1	6,5	
Оливин $(Mg, Fe)_2SiO_4$	3,1	6,7	
Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$	3,1	7,25	
Роговая обманка $Ca, Na(Mg, Fe^{2+})_4(Al, Fe^{3+})[(Si, Al)_4O_{11}](OH)_2$	3,1	7,4	
Лабрадор. Изоморфные смеси (Ab+An)	3,1	7,8	
Эгирин-авгит	3,1	7,9	
Актинолит $Ca_2(Mg, Fe^{2+})_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$	3,1	8,15	
Нефелин $Na(AlSiO_4)$	3,2	6,3	
Церуссит $PbCO_3$	3,2	6,4	
Барит $BaSO_4$	3,2	7,2	
Хромит $FeCr_2O_4$	3,25	7,4	
Смитсонит $ZnCO_3$	3,3	6,4	
Волластонит $Ca_6[Si_6O_{17}]O$	3,4	6,6	IV
Магнезит $MgCO_3$	3,5	8,6	
Англезит $PbSO_4$	4,2	6,2	
Родонит $(Mn, Ca)SiO_3$	3,65	7,2	
Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	4,4	6,8	
Апатит $Ca_5(F, Cl)[(P, As, V)O_4]_3$	4,8	8,7	
Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	5,35	8,9	
Доломит $Ca, Mg(CO_3)_2$	5,5	8,9	V
Исландский шпат $CaCO_3$	8,1	9,5	
Кальцит $CaCO_3$	8,2	9,2	

# Классификация горных пород по химической активности по отношению к ионам водорода

Класс актив-ности	Типы горных пород по химической активности	Название горных пород	Число образ-цов	АК (3,0)	АВ (6,2)
I	Антиактивные	Изверженные, метаморфические и осадочные горные породы с сульфидами железа . . . . .	15	<3	<6,2
II	Нейтральные	Изверженные, метаморфические и осадочные монолитные горные породы. Рыхлые нелёссовидные породы . . . . .	50	3,0	6,2—6,4
III	Весьма слабо-активные	Изверженные, метаморфические и осадочные монолитные горные породы преимущественно с наличием щелочноземельных элементов . . . . .	130	3,1—3,4	6,5—7,0
IV	Повышенно активные (за счет вторичных процессов — вторичная активность)	Изверженные, метаморфические и осадочные горные породы с наличием трещин, залеченных кальцитом или карбонатным цементом. Рыхлые отложения слегка лёссовидного типа . . . . .	90	3,5—5,0	7,1—8,0
V	Сильноактивные (осадители тяжелых металлов из природных вод)	Массивные карбонатно-кальциевые осадочные породы (известняк, мрамор, доломит и др.). Рыхлые песчано-глинистые лёссовидные породы . . . . .	75	>5,0	8,1—9,5

- 1. Помимо химического состава пород, существенное влияние на осадочных процесс оказывают другие геологические условия: а) тектоника, особенно разрывные нарушения; б) стратиграфия; в) современный вулканизм.
- 2. Производным от климата и геологического строения (геологической истории) является рельеф местности.
- 3. От рельефа во многом зависит гидродинамика, а, следовательно, окислительно-восстановительные условия и минерализация вод.
- 4. Огромную роль в осадочном процессе играет фактор времени (многие эпигенетические процессы развиваются в течение тысяч, десятков, сотен тысяч и даже миллионов лет), в течение которого меняются и климат, и геологическое строение, и рельеф.

# Геохимические типы осадочных процессов

- 1. Основой для выделения геохимических типов является понятие типоморфные элементы.
- 2. Типоморфные элементы – химические элементы, ионы и соединения, миграция которых определяет характерные геохимические особенности данного процесса.
- 3. Типоморфные элементы в осадочном процессе подразделяются на механические, воздушные и водные мигранты.

# Типоморфные элементы и соединения воздушной миграции

- 1. Осуществляют миграцию в газообразном состоянии (кислород, углекислый газ, сероводород, метан и др.).
- 2. Воздушные мигранты (газы) преимущественно влияют на окислительно-восстановительные условия процесса.
- 3. Воздушные мигранты мигрируют и в водных растворах в виде ионов или молекул (например, кислород и углерод в солях), однако для них особенно характерна миграция в газообразном состоянии.
- 4. Выделяются следующие окислительно-восстановительные обстановки осадочного процесса по составу воздушных мигрантов:
  - а) окислительная;
  - б) восстановительная без сероводорода (глеевая);
  - в) восстановительная сероводородная.

# Окислительная обстановка

- 1. Присутствует свободный кислород или другие сильные окислители.
- 2. Элементы переменной валентности (железо, марганец, медь, ванадий, сера и др.) находятся в высоких степенях окисления.
- 3. Окраска пород красная, бурая, желтая.
- 4. В условиях щелочной среды  $E_h$  незначительно превышает 0 (0,15-0,7 эв).
- 5. В условиях кислой среды предел окислительной обстановки характеризуется величинами  $E_h$ , превышающими 0,5 эв.
- 6. Типоморфный элемент – кислород.

# Восстановительная обстановка без сероводорода (глеевая)

- 1. Воды не содержат свободного кислорода и других сильных окислителей или содержат мало кислорода.
- 2. В них может быть много  $\text{CO}_2$ , метана.
- 3. Сероводорода нет или его очень мало.
- 4. Легко мигрируют железо и марганец (в форме  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ )
- 5. Типоморфные газы –  $\text{CO}_2$  и метан.
- 6. В кислой среде Eh ниже +0,4 +0,5 эв.
- 7. В щелочной среде Eh ниже 0,15 эв.
- 8. Окраска пород зеленая, серая, сизая.
- 9. При значительном понижении потенциала возможно восстановление ванадия ( $\text{V}_{5+}$ - $\text{V}_{3+}$ ) и меди ( $\text{Cu}_{2+}$ - $\text{Cu}_+$ - $\text{Cu}_0$ ) с образованием нерастворимых соединений этих металлов.

# Восстановительная сероводородная обстановка

- 1. Воды не содержат свободного кислорода и других сильных окислителей, в них много сероводорода, метана и других углеводородов.
- 2. Железо и многие другие металлы не мигрируют, так как образуют трудно растворимые сульфиды.
- 3. Типоморфные соединения – сероводород, углеводороды.
- 4. Условия преимущественно щелочные ( $\text{pH} > 7$ ), величина  $E_h$  обычно ниже нуля.

# Типоморфные элементы и соединения водной миграции

- Это элементы и соединения, мигрирующие в виде истинных или коллоидных растворов (хлор-ион, сульфат-ион, гидрокарбонат-ион, кальций, магний, натрий, калий и др.).
- Для водных мигрантов миграция в газообразном состоянии или не характерна или невозможна.
- Типы обстановок водной миграции по составу мигрантов:
  - 1) сильно кислая ( $\text{pH} < 4$ ); типоморфные ионы –  $\text{H}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$
  - 2) кислая ( $\text{pH} = 4-6,5$ ); типоморфные ионы –  $\text{H}^+$ , анионы органических кислот.
  - 3) нейтральная и слабо щелочная, гидрокарбонатно-кальциевая ( $\text{pH} = 6,5-8,5$ ); типоморфные ионы -  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ .
  - 4) нейтральная и слабо щелочная, хлоридно-сульфатная ( $\text{pH} = 7-8$ ); типоморфные ионы –  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .
  - 5) гипсовая, нейтральная и слабо щелочная ( $\text{pH} = 7-8$ ); типоморфные ионы –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .
  - 6) содовая щелочная ( $\text{pH} > 8,5$ ); типоморфные ионы и соединения:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}^+$ .

## Ряды миграции элементов в окислительной и восстановительной сероводородной обстановках зоны гипергенеза

Интенсивность миграции	I Окислительная обстановка					Контрастность миграции		II Резко восстановительная обстановка (с H <sub>2</sub> S)						
	K <sub>x</sub> 100   10   1   0,1   0,01					← Слабая	→ Сильная →	K <sub>x</sub> 100   10   1   0,1   0,01						
Очень сильная миграция	S, Cl, B, Br, J					← Cl, Br, J →				Cl, B, Br, J				
Сильная миграция			Ca, Na, Mg, F, Sr, Zn, U			← Ca, Na, Mg, T, Sr → ← Zn, U →				Ca, Na, Mg, F Sr				
Средняя миграция			Si, K, Mn, P, Ni, Cu, Co			← Si, K, P → ← Ni, Cu, Co →				Si, K, P				
Слабая и очень слабая миграция			Al, Fe, Ti, Zr, Y, Nb, TR, Th, Ta, Sn, Hf, Pd, Ru, Rh, Os, Pt			← Al, Ti, Zr, Nb, Ta, Sn, Hf, Pt, Th →						Al, Ti, Zr, V, Zn, Ni, Cu, TR, Nb, Co, Sc, Ta, Sn, Hf, U, Pd, Ru, Rh, Os, Pt		

# Геохимические типы осадочного процесса

Водные мигранты	Ряды по составу воздушных мигрантов			
	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> )	H <sub>2</sub> S
	Окислительный		Восстановительный без сероводорода (глеевый)	Сероводородный (сульфидный)
в породах, содержащих восстановители	в породах, не содержащих восстановителей			
H <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Fe <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> )	Сернокислый	—	Сернокислое оглеение	Сернокислый сульфидный
H <sup>+</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , органические кислоты	Окисление кислыми водами	Кислый	Бескарбонатный глеевый	Кислый сульфидный
[Ca <sup>2+</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Mg <sup>2+</sup> ]	Окисление нейтральными слабоминерализованными водами	Нейтральный карбонатно-кальциевый	Карбонатный глеевый	[Нейтральный карбонатный сульфидный]
Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Na <sup>+</sup>	Окисление нейтральными сильноминерализованными водами	Хлоридно-сульфатный	Соленосный глеевый	Соленосно-сульфидный
Ca <sup>2+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	—	Гипсовый	Гипсовый глеевый	
Na <sup>+</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , OH <sup>-</sup> , SiO <sub>2</sub>	Окисление содовыми водами	Содовый	Содовый глеевый	Содовый сероводородный