

**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 рстворах с рН 3 и
  - б) химическая актитвность 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	III
Флюорит $CaF_2$	3,08	6,2	
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	IV
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	
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 активности	Типы горных пород по химической активности	Название горных пород	Число образцов	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 слабоактивные	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

I Окислительная обстановка		Контрастность миграции		II Резко восстановительная обстановка (с H <sub>2</sub> S)	
Интенсивность миграции	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