

Геохимия осадочных пород

Составители:

кандидат геол.-минер. наук Мигдисов А.А.

доктор геол.-минер. наук Ярошевский А.А.

1. Строение и химический состав внешних оболочек Земли

1). Осадочная оболочка Земли (стратисфера)

Понятие осадочной оболочки (стратисферы), проблема ее границ. с гранитно-метаморфической оболочкой. Пределы колебаний температур и давлений в стратисфере.

Строение стратисферы на материках и под океанами. Глобальные неоднородности строения осадочной оболочки, связанные с делением материков на два блока, с тектонической зональностью континентов. Объемы, массы, распространенность главных типов пород, методы их оценки. Работы **А.Б.Ронова**.

Средний химический состав стратисферы и его отличие от среднего состава земной коры. Средний химический и минеральный составы осадочной оболочки в главных ее геотектонических зонах.

2). Гидросфера

Масса гидросферы. Химический состав морской воды, контролирующие его физико-химические факторы. Определяющая роль взаимодействия вод с породами земной коры и атмосферой. Устойчивость состава солевой массы океана, колебания солености морских вод. Воды континентов, закономерности их состава и контролирующие его факторы. Сопоставление состава морских и континентальных вод. Малые компоненты гидросферы, жизнь и органическое вещество морских вод. Работы **А.П.Виноградова и М.Г.Валяшко**.

Океан как динамическая система. Соотношение процессов поступления материала в океан и вывода из него (осадконакопления). Круговорот воды. Факторы, определяющие состав и формы поступления материала с континентов в океан. Понятие среднего времени пребывания элемента в океане. Величины времени пребывания для разных групп элементов.

Источник вещества гидросферы. Геохимический баланс осадкообразования. Представление об "избыточных летучих". Источники летучих на поверхности Земли. Происхождение анионного и катионного состава морской воды. Работы **В.М.Гольдшмидта**. Формирование солевой массы океана, история натрия и "натриевый возраст" океана.

3). Атмосфера

Внешние границы, состав. Строение атмосферы, распределение ее компонентов по высоте. Факторы, контролируемые химический состав атмосферы. Атмосфера как динамическая система и геохимические циклы газов атмосферы.

Происхождение важнейших газов атмосферы (вулканические источники, фотосинтез, накопление радиогенных газов). Проблема потери газов Землей. Вулканические газы и гипотезы "первичной" атмосферы.

Подземные атмосферы Земли и их классификация. Геохимические доказательства гипотез о происхождении газов подземных атмосфер. Работы **В.В.Белоусова** по геохимии природных газов.

4). Биосфера

Представления **В.И.Вернадского** о биосфере и живом веществе. Границы биосферы. Понятия живого, косного и биокосного вещества. Химический состав живого вещества, биофильные элементы. Активность живого вещества и понятие о биогеохимических процессах. Прямое и косвенное влияние организмов на геологические процессы. Геохимические функции живого вещества и его роль в процессах литогенеза. Организмы – концентраторы. Живое вещество как мощный геологический фактор в истории земной коры. Ноосфера. Значение работ **В.И.Вернадского** о биосфере и живом веществе.

Органическое вещество в геохимии. Распространенность и формы накопления органического вещества. Органическое вещество осадков и осадочных пород. Ассоциация элементов, накапливающихся с органическим веществом. Разложение органического вещества в почвах и осадках и влияние этого на физико-химические параметры геохимических процессов.

5.) **Проблема распространенности элементов и методы подсчета кларков**

Методы оценки распространенности элементов. Работы **Ф.У.Кларка, В.И.Вернадского, И. и В. Ноддаков, В.М.Гольдшмидта, А.Е.Ферсмана, А.П.Виноградова, В.Руби, А. Полдерваарта А.Б.Ронова** и др. Представления о геохимическом балансе элементов и основы количественной геохимии. Два подхода к оценке распространенности химических элементов. Количество осадочных пород, средний состав важнейших типов осадочных и вулканических пород.

6.) **Геохимические циклы (круговорот вещества)**

Круговорот вещества в земной коре и представление геохимических циклах. Энергетика геохимических процессов; движущие силы геохимического цикла. Потоки и резервуары. Динамика геохимического цикла; оценка темпа кругооборота вещества в геологической истории. Идея о геохимическом балансе процессов преобразования вещества в ходе кругооборота. Работы **Ф.У.Кларка, В.М. Гольдшмидта, Р.М.Гаррелса**.

2. Общие сведения об осадочных породах

1). **Важнейшие типы осадочных пород и их классификация**

Грубообломочные, песчаные, алевритовые, глинистые, карбонатные, сульфатные, кремнистые, фосфоритовые и железистые породы, соли и каустобиолиты.

2). **Минеральный состав осадочных пород.**

Терригенные и аутигенные минералы. Характерные минеральные ассоциации. Терригенно-минералогические провинции. Глинистые минералы, условия их образования и ассоциации.

- 3). Текстуры и структуры осадочных пород.
- 4). Учение о формациях.
- 5). Стратиграфическая и абсолютная геохронология.
- 6). Характеристика основных фациальных условий седиментации.

3. Геохимическая (Гольдшмидтовская) классификация осадочных пород

- 1). Остаточные породы.
- 2). Гидролизаты.
- 3). Окисленные породы.
- 4). Восстановленные породы.
- 5). Карбонаты.
- 6). Соли.
- 7). Биогенные осадки.

4. Основные геохимические факторы поверхностных процессов

1). Термодинамическая характеристика среды выветривания Минеральные равновесия при низких температурах и давлениях. Роль кислотности и щелочности среды (**pH**), интервалы изменений в главных типах природных обстановок. Влияние окислительно-восстановительных процессов (**Eh**). Интервалы изменений значений **Eh** в главных типах природных обстановок Построение и использование **pH-Eh диаграмм**.

Значение биогеохимических факторов. Роль кристаллохимических свойств элементов (заряд, ионный радиус, ионный потенциал, координационное число, энергия кристаллической решетки).

2). Физико-химические условия выветривания в различных климатических зонах (аридной, гумидной, ледовой). Профили выветривания основных и кислых кристаллических: пород. Типы химических реакций при процессах выветривания. Подвижность важнейших породообразующих, редких и рассеянных элементов . Образование труднорастворимых осадков.

5. Формы переноса химических элементов

1). Истинные растворы. 2). Коллоидные растворы. 3). Сорбционные явления. 4). Комплексные соединения с органическими и неорганическими аддендами. 5). Перенос в виде взвесей. 6). Концентрация и рассеяние элементов в процессе выветривания и переноса.

6. Процессы современной седиментации

- 1) Питающие провинции и поставка осадочного материала в океаны.
- 2) Роль физического и химического выветривания. Зависимость от тектонического положения (рельефа) области сноса. Растворенный и взвешенный сток. Их химический состав. Барьерные зоны.
- 3) Эоловый материал и его вклад в океанскую седиментацию.
- 4) Роль айсбергового и ледового материала в океанской седиментации.
- 5) Особенности геохимии терригенного (алевро-песчаного и глинистого) материала океанских осадков. Зоны "лавинной" (по **А.П.Лисицыну**) седиментации.
- 6) Особенности геохимии биогенной (карбонатной и кремнистой) седиментации в океанах.
- 7) Вулканогенные осадки океанов и влияние вулканизма на состав океанских осадков.
- 8) Осадки активных зон океана. Металлоносные осадки.
- 9) Циркумконтинентальная и климатическая зональность в океанах и их влияние на распределение элементов в осадках. Представления **Н.М.Страхова** и **А.П.Лисицына**.

7. Геохимические условия среды осадконакопления

1). Влияние солёности, газового режима температуры, pH-Eh среды осадконакопления на образование осадков в морских, лагунных и континентальных бассейнах в условиях аридного, гумидного и ледового климатов.

2). Типы важнейших химических реакций, контролирующих минеральный состав осадков в бассейнах седиментации.

3). Геохимические фации.

4). Парагенезис осадочных минералов. Механическая и химическая дифференциации.

5). Зональность в распределении минералов и элементов в осадках на площади современных и палеобассейнов, ее зависимость от климата и тектонического режима, различия в составе платформенных и геосинклинальных осадочных пород.

6). Геохимические и биогеохимические факторы концентрации элементов и образование осадочных месторождений (фосфориты, соли, марганцевые и железные руды, бокситы, россыпи).

8. Геохимические преобразования осадков в стадию диагенеза и катагенеза

1). Перераспределение элементов в процессе уплотнения осадков. Влияние органического углерода на подвижность элементов. Особенности восстановительного и окислительного диагенеза

2). Физико-химические условия и химические реакции на ранней и поздней стадиях диагенеза.

3). Проблема привноса и выноса элементов. Формирование состава пластовых вод.

4). Диагенетические преобразования осадков и важнейших типов осадочных пород. Минеральные новообразования и конкреции.

9. Биогеохимические процессы

1). Представления **В.И.Вернадского** и **А.П.Виноградова** о биогеохимических процессах.

2). Учение о биогеохимических провинциях. Связь условий жизнедеятельности организмов с химическим составом среды; понятие

эндемии. Факторы формирования биогеохимических провинций. Значение биогеохимических провинций в хозяйственной деятельности человека.

Работы **А.П.Виноградова** и **В.В.Ковальского**

3). Роль биогеохимических процессов в концентрации химических элементов.

4). Геохимические условия образования месторождений горючих газов, углей .

5). Биогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых.

6). Биогеохимические циклы элементов. Их нарушение в результате деятельности человека.

10. Значение данных о стабильных и радиогенных изотопах для решения проблем осадочной геохимии

1). Условия сдвига изотопных отношений. Термодинамический и кинетический изотопные эффекты.

2). Изотопные методы определения палеотемператур в древних бассейнах.

3). Изотопные отношения углерода, азота, водорода, кислорода, серы, стронция, неодима - как индикаторы осадочных процессов.

4). Методы определения абсолютного возраста осадочных формаций.

11. Геохимия отдельных элементов в осадочном цикле

Основные черты геохимии в осадочном цикле главных и редких элементов (щелочных - натрия, калия, лития, рубидия; щелочноземельных - стронция, бария; элементов-гидролизатов - алюминия, титана и др.; редкоземельных элементов; кремния, железа, марганца, фосфора, урана, фтора и т.д.).

12. Эволюция химического состава атмосферы,

гидросферы и важнейших типов осадочных и вулканических пород

1). Эволюция химического и изотопного состава атмосферы и гидросферы Земли в геологической истории. Работы **А.Б.Ронова, Г.Холланда, Я.Вейзера, М.Шидловского, Э.М.Галимова** и др. Модели изменения состава атмосферы (**Р.Бернера, А.Ласаги, М.И.Будыко** и др.). Факты, свидетельствующие об эволюции; факторы, вызывающие эволюцию, и факторы, стабилизирующие состав океана. Идея постоянства состава океанических вод в течение существенной части геологической истории. Гипотезы о составе древнейшей гидросферы. Вулканические газы и гипотезы о так называемой "первичной" атмосфере; факторы эволюции атмосферы.

2). Эволюция химического состава пород осадочной оболочки и земной коры. Взгляды **А.Б.Ронова, Р.Гаррелса, А.Энгеля** и др. Общие тенденции геохимической эволюции осадочных и вулканических пород. Идеи **В.М.Гольдшмидта** о значении состава осадочных пород для оценки среднего состава "верхней" земной коры. Их развитие работами **С.Р.Тейлора и С.Мак-Леннана** по эволюции состава континентальной земной коры. Эволюция процессов осадкообразования в истории Земли. Оценка общей массы осадочных пород и интенсивности поверхностных процессов в геологической истории; роль осадочно-вулканогенных пород в глубоком докембрии и специфика их химического состава

3). Конкретные тренды изменения во времени химического и изотопного состава пород и их вероятные причины.

Рекомендуемая литература

1. БЕЛОУСОВ В.В. *Очерки геохимии природных газов*. Л.: Химтеоретиздат, 1937, 143 стр.

2. ВАЛЯШКО М.Г. *Основы геохимии природных вод*. Международное гидрологическое десятилетие, Международные высшие гидрологические курсы ЮНЕСКО при МГУ, 3-я сессия. Цикл: Геохимия подземных вод. М., 1971, стр.3-26.
3. ВЕРНАДСКИЙ В.И. *Очерки геохимии*. 8-е изд. В книге: Библиотека трудов академика В.И.Вернадского. Труды по геохимии. М.: Наука, 1994, стр. 159-468.
4. ВЕРНАДСКИЙ В.И. *Биосфера*. 5-е изд. В книге: Библиотека трудов академика В. И.Вернадского. Живое вещество и биосфера.. М.: Наука, 1994, стр. 315-401.
5. ВЕРНАДСКИЙ В.И. *Химическое строение биосферы Земли и ее окружения*. 2-е изд. М.: Наука, 1987, 334 стр.
6. ВИНОГРАДОВ А.П. *Закономерности распределения химических элементов в земной коре*. В книге: А.П.Виноградов. Избранные труды. Проблемы геохимии и космохимии. М.: Наука, 1988, стр.20-90.
7. ВИНОГРАДОВ А.П. *Атомные распространенности химических элементов Солнца и каменных метеоритов*. В книге: А.П.Виноградов. Избранные труды. Проблемы геохимии и космохимии. М.: Наука, 1988, стр.91-97.
8. ВИНОГРАДОВ А.П. *Химическая эволюция Земли*. В книге: А.П.Виноградов. Избранные труды. Проблемы геохимии и космохимии. М.: Наука, 1988, стр.118-143.
9. ВИНОГРАДОВ А.П. *Введение в геохимию океана*. В книге: А.П.Виноградов. Избранные труды. Геохимия океана. М.: Наука, 1989, стр.36-216.
10. ВИНОГРАДОВ А.П. *Биогеохимические провинции*. В книге: А.П.Виноградов. Избранные труды. Геохимия изотопов и проблемы биогеохимии. М.: Наука, 1993, стр.145-166.
11. ВИНОГРАДОВ А.П. *Биогеохимические провинции и их роль в органической эволюции*. В книге: А.П.Виноградов. Избранные труды. Геохимия изотопов и проблемы биогеохимии. М.: Наука, 1993, стр.166-179.

12. ГАРРЕЛС Р., МАККЕНЗИ Ф. *Эволюция осадочных пород*. М.: Мир, 1974, 271 стр.
13. ГАРРЕЛС Р.М. *Круговорот углерода, кислорода и серы в течение геологического времени*. М.: Наука, 1975, 46 стр.
14. ГЛОБАЛЬНЫЙ БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ СЕРЫ И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА. (Ред. Иванов М.В., Френей Дж.). М.: Наука, 1903. 422 с.
14. ГОЛЬДШМИДТ В.М. *Геохимические законы распределения и частота элементов в космосе*. В книге: Основные идеи геохимии, вып. I. Под редакцией А.Е. Ферсмана. Л.: Госхимтехиздат, Ленингр.отд., 1933, стр.250-276.
15. ГОЛЬДШМИДТ В.М. *Основы количественной геохимии. Успехи химии*, 1934, т. III, вып. 3, стр.448-483.
16. ГОЛЬДШМИДТ В.М. *Геохимические принципы распределения редких элементов*. В книге: Редкие элементы в изверженных горных породах и минералах. Под редакций В.В.Щербины. М.: Изд-во иностранной литературы, 1952, стр.9-16.
17. ЛИСИЦЫН А.П. *Осадкообразование в океанах*. М.: Наука, 1974, 440 стр.
18. ЛИСИЦЫН А.П. *Процессы океанской седиментации. Литология и геохимия*. М.: Наука, 1978, 390 стр.
19. НОДДАК И.и В. *Частота химических элементов*. В книге: Основные идеи геохимии, вып. II. Под редакцией А.Е. Ферсмана. Л.: Химтеоретиздат, 1935, стр.5-22.
20. ПОЛДЕРВААРТ А. *Химия земной коры*. В книге: Земная кора. М.: Изд-во иностранной литературы, 1957, стр.130-157.
21. РОНОВ А.Б. *Стратисфера или осадочная оболочка Земли*. М.. Наука, 1993. 230 стр.
22. РОНОВ А.Б., ЯРОШЕВСКИЙ А.А., МИГДИСОВ А.А. *Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов*. М.: Наука, 1990, 180 стр.

23. СТРАХОВ Н.М. *Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли*. М.: Госгеолтехиздат, 1963, 530 стр.
24. СТРАХОВ Н.М. *Проблемы геохимии современного океанского литогенеза*. М.: Наука, 1976, 293 стр.
25. ТЕЙЛОП С.Р., МАК-ЛЕННАН С.М. *Континентальная кора, ее состав и эволюция*. М.: "Мир". 1988. 380 стр.
26. ФЕРСМАН А.Е. *Геохимия. Т. I-III*. В книге: А.Е.Ферсман. Избранные труды, т. III. М.: Изд-во АН СССР, 1956, стр.9-791; т. IV. М.: Изд-во АН СССР, 1957, стр.3-581.
27. ХОЛЛАНД Х. *Химическая эволюция океанов и атмосферы*. М.: Мир, 1989, 552 с.
28. CLARKE F.W. *The date of geochemistry*. .S.Geol.Surv.Bull.No.770. Washington, 1924, 841 p.
29. CHEMICAL CYCLES IN THE EVOLUTION OF THE EARTH (Ed. by C.B.Gregor, R.M. Garrels, F.T. Mackenzie, J.B. Maynard). John.Wiley & Sons. NY/Chich./Brisb./Toronto/Sing. 1988. P. 276
30. GEOCHEMICAL CYCLES. A special issue in memory of R.M. Garrels (ed. R.A. Berner). American Journal of Science, vol. 289, No 4, 1989. 550 p.
31. EARTH SYSTEM EVOLUTION: GEOCHEMICAL PERSPECTIVE (ed. Jan Veizer). Chemical Geology, 1999, vol. 161, No 1-3. 371p.