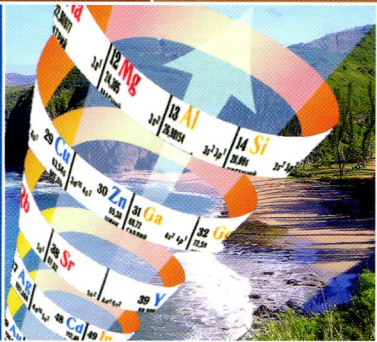


Высшее профессиональное образование

Г. Б. Наумов

# ГЕОХИМИЯ БИОСФЕРЫ

Учебное пособие



Естественные  
науки



Г. Б. НАУМОВ

# ГЕОХИМИЯ БИОСФЕРЫ

*Допущено  
Учебно-методическим объединением  
по классическому университетскому образованию  
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по геологическим и экологическим специальностям*



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2010

УДК 550.4(075.8)  
ББК 26.30:28.28.080.3я73  
Н342

Рецензенты:

профессор кафедры геохимии геологического факультета  
Московского государственного университета  
им. М. В. Ломоносова *Д. В. Гричук*;  
профессор кафедры геологии и геохимии ландшафта  
Московского педагогического государственного университета,  
д-р геогр. наук *В. В. Добровольский*

**Наумов Г. Б.**

Н342 Геохимия биосферы : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / Г. Б. Наумов. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 384 с.  
ISBN 978-5-7695-5798-9

Изложено современное состояние общей геохимии с позиций учения В. И. Вернадского о биосфере и ее переходе в стадию ноосферы. Рассмотрены вопросы положения Земли в космическом пространстве, распространенность и закономерности распределения элементов и их изотопов, формы их нахождения, механизмы миграции и концентрации на геохимических барьерах. Данные классической физической геохимии рассмотрены во взаимосвязи с материалами биогеохимии и ряда смежных научных дисциплин, при этом особое внимание уделено трем основным составляющим биосферы — косному, живому и социальному.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по геологическим и экологическим специальностям.

УДК 550.4(075.8)  
ББК 26.30:28.28.080.3я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Наумов Г. Б., 2010  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2010  
ISBN 978-5-7695-5798-9 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2010

# ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора .....	3
Введение .....	9

## РАЗДЕЛ I

### ГЕОХИМИЯ — НАУКА XXI ВЕКА

<b>Глава 1. Из истории геохимических идей .....</b>	<b>12</b>
<b>Глава 2. Методология естественно-научного изучения природы .....</b>	<b>25</b>
2.1. Естественные тела природы .....	25
2.2. Эмпирические факты и эмпирические обобщения .....	27
2.3. Научные объяснения .....	28
2.4. Анализ и синтез .....	29
2.5. Система научного знания .....	30
2.6. Научные принципы .....	31
2.7. Представления о Космосе .....	36
2.8. Физическая и химическая анизотропия .....	38
2.9. Диссимметрия .....	39
2.10. Степень открытости и равновесности геохимических систем .....	41
2.11. Место геохимии в естественно-научном знании .....	42
2.12. Классификации природных объектов .....	43
2.13. Моделирование природных процессов .....	46

## РАЗДЕЛ II

### СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

<b>Глава 3. Распространенность химических элементов в природных объектах .....</b>	<b>48</b>
3.1. Строение атомов химических элементов .....	48
3.2. Распространенность элементов в космосе .....	50
3.3. Современные взгляды на происхождение Солнечной системы .....	58
3.4. Эволюция представлений о происхождении земных оболочек .....	60
3.5. Средний элементный состав земной коры и ее слоев .....	63
3.6. Преобладающие минералы пород литосферы .....	65

3.7. Анализ распределения химических элементов .....	67
3.8. Масштабы объектов и анализа .....	73
3.9. Картирование распределения элементов .....	78
<b>Глава 4. Основы геохимии изотопов .....</b>	<b>80</b>
4.1. Стабильные и радиоактивные изотопы .....	80
4.2. Принципы методов радиогенного определения возраста геологических объектов .....	88
4.3. Радиогенные изотопы .....	90
4.4. Методы неравновесного изотопного датирования .....	96
4.5. Космогенные радионуклиды — трассеры природных процессов .....	96
<b>Глава 5. Строение и состав земных геосфер .....</b>	<b>101</b>
5.1. Геосферы Земли .....	101
5.2. Атмосфера .....	102
5.3. Гидросфера .....	114
5.4. Литосфера .....	131
<b>Глава 6. Биосфера .....</b>	<b>138</b>
6.1. Понятие «биосфера» .....	138
6.2. Понятие «живое вещество» .....	142
6.3. Возникновение биосферы .....	144
6.4. Биокосные тела .....	146
6.5. Различия между живым и косным веществом .....	148
6.6. Геохимические функции живого вещества .....	150
6.7. Геохимические функции абиотических геосфер .....	156
6.8. Биомасса Земли .....	157
6.9. Границы биосферы .....	158
6.10. Структура биосферы .....	159
6.11. Биокосные системы .....	165
6.12. Энергетика биосферы .....	169
6.13. Организованность биосферы .....	172
6.14. Области былых биосфер .....	174
<b>Глава 7. Термодинамика геохимических процессов .....</b>	<b>177</b>
7.1. Термодинамика в геохимии .....	177
7.2. Термодинамические системы .....	178
7.3. Исходные положения термодинамики .....	180
7.4. Состояние химического равновесия .....	184
7.5. Термодинамические расчеты .....	187
7.6. Физико-химические диаграммы .....	193
7.7. Равновесное и устойчивое состояния .....	203
7.8. Кинетика геохимических процессов .....	205

7.9. Подвижность компонентов и локальные равновесия в реальных геологических системах .....	207
7.10. Термодинамика живого вещества .....	208

### РАЗДЕЛ III

#### ГЕОХИМИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ

<b>Глава 8. Формы нахождения элементов в геологических телах .....</b>	<b>211</b>
8.1. Понятие о формах нахождения элементов .....	211
8.2. Минеральные формы .....	211
8.3. Формы нахождения элементов в горных породах .....	220
8.4. Формы нахождения элементов в растворах, расплавах и газах .....	221
8.5. Элементы в живых организмах .....	224
<b>Глава 9. Миграция химических элементов .....</b>	<b>227</b>
9.1. Миграция и ее параметры .....	227
9.2. Факторы миграции .....	229
9.3. Дифференциальная миграция .....	229
9.4. Поверхностный перенос .....	230
9.5. Эндогенная миграция элементов .....	232
9.6. Механизмы миграции .....	237
<b>Глава 10. Геохимические барьеры .....</b>	<b>251</b>
10.1. Основные характеристики геохимического барьера .....	251
10.2. Типы барьеров .....	253
10.3. Процессы рудообразования на геохимических барьерах .....	269
10.4. Экологическая роль геохимических барьеров .....	271
<b>Глава 11. Геохимические циклы .....</b>	<b>272</b>
11.1. Природные круговые процессы .....	272
11.2. Метаболизм биосферы .....	279
11.3. Геохимические циклы отдельных элементов .....	280
11.4. Цикличность и эволюция .....	289

### РАЗДЕЛ IV

#### ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

<b>Глава 12. Эволюция биосферы .....</b>	<b>292</b>
12.1. Идея эволюции .....	292
12.2. Происхождение жизни .....	294
12.3. Круговорот вещества — механизм развития .....	298

12.4. Страницы эволюции биосферы .....	299
12.5. Эволюция процессов рудообразования .....	306
12.6. Основные принципы эволюции биосферы .....	309
12.7. Геологические и биологические ритмы .....	310
12.8. Развитие информационного обмена в биосфере .....	316
12.9. Косное и живое в эволюции биосферы .....	320
<b>Глава 13. Переход биосферы в ноосферу .....</b>	<b>323</b>
13.1. Появление человека — новый этап эволюции биосферы .....	323
13.2. Человек — геологическая сила .....	325
13.3. Ноосфера — стадия развития биосферы .....	330
13.4. Начало ноосферы .....	332
13.5. Ноосфера нашего времени .....	334
13.6. Энергия ноосферного развития .....	334
13.7. Научная мысль .....	336
13.8. Информация в развитии ноосферы .....	337
<b>Глава 14. Пути ноосферного развития .....</b>	<b>340</b>
14.1. Общая экология .....	340
14.2. Техническое мышление .....	341
14.3. Экологические обстановки .....	341
14.4. Существующие подходы к решению экологических проблем .....	342
14.5. Минимизация техногенных загрязнений .....	347
14.6. Системный подход .....	350
14.7. Ноосферная стратегия XXI века .....	351
14.8. Пути решения глобальных экологических проблем .....	353
14.9. Минимизация извлечения продуктов жизнеобеспечения ...	354
14.10. Симбиотическая система получения продуктов жизнеобеспечения .....	356
Приложения .....	362
Список литературы .....	372