



ФЕДЕРАЛЬНАЯ ЦЕЛЕВАЯ ПРОГРАММА
"ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА ИНТЕГРАЦИИ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ"

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

**Федеральная целевая программа
“Государственная поддержка интеграции
высшего образования и фундаментальной науки”**

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Научный редактор чл.-кор. РАН Е.В. Скляров



**Москва
“ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ”
2001**

УДК 551.1/4 (07)
ББК 26.3я73
И73

Издание осуществлено при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки»

Авторы: **Е.В. Склиаров** (гл. 1, 2, 5, 6), **Д.П. Гладкочуб** (гл. 2), **Т.В. Донская** (гл. 2, 4), **А.В. Иванов** (гл. 5), **Е.Ф. Летникова** (гл. 3), **А.Г. Миронов** (гл. 1, 2), **И.Г. Бараш** (гл. 1, 6), **В.А. Буланов** (гл. 7), **А.И. Сизых** (гл. 7).

Рецензенты: **акад. РАН Ф.А. Летников** (Институт земной коры СО РАН)
докт. геол.-мин. наук А.И. Альмухамедов (Институт геохимии СО РАН)

Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / И73 **Е. В. Склиаров и др.; Под ред. Е. В. Склиарова.** – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 288 с.: ил.

ISBN 5-89594-063-3

В учебном пособии приведены основные методы и приемы использования геохимических данных в геологических исследованиях. Дана характеристика основных групп используемых элементов, способов обработки и отображения результатов анализа, а также факторов, контролирующих геохимическую специфику магматических, осадочных и метаморфических пород. Рассмотрены области применения геохимических данных при изучении магматических, осадочных и метаморфических процессов. Приведены классификационные и дискриминационные диаграммы для разных типов пород, а также справочные таблицы. Описаны изотопные исследования (радиогенные изотопы, стабильные изотопы) и возможности их применения в геологических построениях. Основной акцент сделан на геохронологию и выяснение природы магматических расплавов. Проанализировано влияние состава вмещающих пород и физико-химических условий кристаллизации или метаморфизма на состав основных породообразующих минералов.

Для студентов и специалистов геохимического профиля.

УДК 551.1/4 (07)
ББК 26.3я73

ISBN 5-89594-063-3

© Центр «Интеграция», 2001
© Склиаров Е.В., Гладкочуб Д.П.,
Донская Т.В. и др., 2001

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
Глава 1. Базовые понятия и определения в геохимии	8
1.1. Основные группы элементов, используемые в геохимических исследованиях	8
1.1.1. Главные элементы	9
1.1.2. Элементы-примеси	10
1.1.3. Изотопы	21
1.2. Общие представления о кларках	22
1.3. Коэффициенты разделения	26
1.4. Геохимические особенности основных геологических процессов ...	31
1.4.1. Факторы, определяющие геохимическую специфику магматических пород	31
1.4.2. Факторы, определяющие геохимическую специфику осадочных пород	41
1.4.3. Факторы, определяющие геохимическую специфику метаморфических пород	42
1.5. Основные источники некорректности геохимических данных	42
Глава 2. Использование геохимических данных при изучении магматических пород	45
2.1. Классификация магматических пород	45
2.1.1. Классификации магматических пород в целом	46
2.1.2. Классификации пород основного состава	49
2.1.3. Классификации гранитоидов	55
2.2. Изучение особенностей эволюции магматических пород	66
2.2.1. Характеристика геохимических процессов на основе интерпретации вариационных диаграмм	66
2.2.2. Интерпретация трендов распределения РЗЭ	68
2.2.3. Интерпретация мультиэлементных диаграмм	70
2.2.4. Численное моделирование геохимических процессов	71
2.3. Определение геодинамических обстановок формирования магматических комплексов	75
2.3.1. Дискриминационные диаграммы для пород базальтового и андезитового состава	75
2.3.2. Дискриминационные диаграммы, использующиеся для определения геодинамических обстановок формирования гранитоидов	92
Глава 3. Использование геохимических данных при изучении осадочных пород	102
3.1. Петрохимические генетические модули, используемые при изучении осадочных пород	102

3.1.1.	Гидролизатный модуль (ГМ) $(Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO)/SiO_2$	103
3.1.2.	Алюмокремневый модуль (АМ) Al_2O_3/SiO_2	104
3.1.3.	Фемический модуль (FM) $FeO + Fe_2O_3 + MgO/SiO_2$	104
3.1.4.	Титановый модуль (ТМ) TiO_2/Al_2O_3	105
3.1.5.	Натриевый модуль (НМ) Na_2O/Al_2O_3	106
3.1.6.	Калиевый модуль (КМ) K_2O/Al_2O_3	106
3.1.7.	Щелочной модуль (ЩМ) Na_2O/K_2O	107
3.1.8.	Общая нормативная щелочность или сумма модулей (НМ + КМ) $Na_2O + K_2O/Al_2O_3$	107
3.1.9.	Железный модуль (ЖМ) $FeO + Fe_2O_3 + MnO/Al_2O_3 + TiO_2$..	108
3.1.10.	Плагиоклазовый модуль (ПМ) $CaO + Na_2O/K_2O$	108
3.2.	Элементные фациальные индикаторы	109
3.2.1.	Индикатор Fe/Mn	109
3.2.2.	Индикатор Ti/Zr	110
3.3.	Диаграммы, используемые при изучении осадочных пород	111
3.3.1.	Генетические диаграммы	111
3.3.2.	Вариационные диаграммы для осадочных пород	120
3.3.3.	Индикаторная диаграмма постседиментационных изменений карбонатных пород	122
3.4.	Геохимические исследования хемогенных и органогенных отложений	123
3.5.	Изучение распределения РЗЭ в осадочных отложениях	130

Глава 4. Использование геохимических данных при изучении

метаморфических пород

4.1.	Диаграммы А. Н. Неслова	136
4.2.	Диаграмма ФАК	141
4.3.	Диаграмма ФМ — сумма щелочей	142
4.4.	Диаграмма Н. де ля Роша и М. Рубо	145
4.5.	Диаграммы Н. А. Доморацкого	146

Глава 5. Использование радиогенных изотопов

5.1.	Базовые принципы и понятия	149
5.2.	Масс-спектрометрические измерения	154
5.3.	Методы абсолютной геохронологии	159
5.3.1.	Методы датирования, основанные на принципе изохронных построений (Rb—Sr, Sm—Nd и Re—Os)	159
5.3.2.	Методы датирования, основанные на радиоактивном накоплении свинца (U—Pb и Pb—Pb)	165
5.3.3.	Эволюция изотопного состава Земли и модельные возрасты	172
5.3.4.	K—Ar и $^{39}Ar/^{40}Ar$ методы датирования	180
5.3.5.	Концепция температур закрытия (термохронология)	189
5.3.6.	Методы датирования по космогенным изотопам (^{14}C и др.)	198
5.4.	Изотопная геохимия	201
5.4.1.	Радиогенные изотопы в магматическом процессе	201
5.4.2.	Радиогенные изотопы в осадочном процессе	210

Глава 6. Использование стабильных изотопов	215
6.1. Общие положения	215
6.2. Использование изотопов кислорода	217
6.3. Использование изотопов водорода	219
6.4. Использование изотопов углерода	220
6.5. Использование изотопов серы	222
Глава 7. Использование геохимических данных при изучении породообразующих минералов	227
7.1. Геохимия породообразующих минералов	227
7.2. Типохимизм оливинов	229
7.3. Типохимизм гранатов	235
7.4. Типохимизм пироксенов	244
7.5. Типохимизм амфиболов	251
7.6. Типохимизм слюд	260
7.6.1. Триоктаэдрические слюды	262
7.6.2. Диоктаэдрические слюды	269
Библиографический список	274