

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Геологический факультет

Киреева Т.А.

ГИДРОГЕОХИМИЯ

Учебное пособие. Конспект лекций

Москва, 2016

УДК 543.5

ББК

*Допущено УМС геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Геология»
пр. №5 заседания Ученого совета геологического факультета МГУ от 2 июня 2016 года*

Рецензенты: доктор г.-м. наук Харитоновна Н.А., доктор г.-м. наук Галицкая И.В.

Научный редактор: доктор г.-м. наук Лехов А.В..

Киреева Т.А.

Гидрогеохимия. Конспект лекций. Учебно-методическое пособие. – М.: 2016. – 197 с.: ил. 21.

В учебном пособии рассмотрены основные проблемы гидрогеохимии. Текст разбит на 6 глав по основным темам, что облегчает восприятие материала

Подача материала начинается с общей характеристики основных свойств воды, структуры молекулы, образования водородных связей, рассмотрения изотопного состава воды, значений рН и Eh водных растворов. Во второй главе рассмотрены компоненты слагающие химический состав природных вод: минеральные и органические вещества, растворенные газы. Особо выделяется живое вещество природных вод (бактерии) и два направления его изучения: санитарное и биохимическое. В третьей главе изложены вопросы, связанные с процессами формирования химического состава подземных вод, начиная от общих понятий о растворении и выщелачивании, конгруэнтном и инконгруэнтном растворении веществ, затем переходя к анализу особенностей растворения с участием комплексообразования, окислительно-восстановительных реакций, растворения углекислого газа, сероводорода, аммиака, серного ангидрида. Должное внимание уделено процессам изменения химического состава растворов вследствие кристаллизации, сорбции и ионного обмена, а также биохимических процессов. Особо выделены процессы, происходящие при участии хемотрофных бактерий и показана их роль в изменении состава природных вод. Четвертая глава посвящена миграции химических элементов в водных средах, с описанием миграционных форм элементов и особенностей их накопления в природных водах, приведена систематизация геохимических барьеров (по А.И. Перельману). В пятой главе даны детальные сведения об основах региональной гидрогеохимии: глава разделена на 4 подглавы в которых рассмотрены представления о гидрогеохимической зональности (поясности), подробно охарактеризованы основные генетические типы подземных вод и разъяснены принципы определения их генетических типов. Кратко охарактеризованы существующие в России классификации подземных вод по химическому составу. В шестой главе изложены основы прикладной гидрогеохимии, включающие рассмотрение особенностей формирования химического состава вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, природное накопление элементов свыше ПДК, основные виды техногенных загрязнений. Также в этой главе дается краткая характеристика вод, используемых в промышленных и лечебных целях: минеральных, высокотермальных вод, используемых для обогрева и выработки электроэнергии, а также вод, используемых в качестве химического сырья для извлечения ценных компонентов.

Содержание учебного пособия базируется на обширном учебно-методическом материале: список использованных при подготовке рукописи источников, состоящий из 84 работ.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Геология».

ISBN _____

© Киреева Т.А. 2016

Оглавление

Введение	7
Глава 1. Общая характеристика структуры и некоторых свойств воды	10
1.1 Строение молекулы воды	10
1.2 Структура воды	12
1.3 Физические свойства воды	13
1.4 Органолептические свойства	15
1.5 Бальнеологические свойства	16
1.6 Изотопный состав воды и его изменения	16
1.7 Кислотно-щелочное и окислительно-восстановительное состояния подземных вод	20
1.7.1 Ионное равновесие воды и водородный показатель (рН)	20
1.7.2 Окислительно-восстановительный потенциал воды (ОВП – Eh).	23
Глава 2. Компоненты состава природных вод	28
2.1. Растворенные минеральные вещества	28
2.1.1 Основные минеральные компоненты водных растворов	28
2.1.2 Происхождение растворенных минеральных веществ в подземных водах	30
2.2 Растворенные газы	34
2.3 Растворенные органические вещества (ОВ) в подземных водах	42
2.4 Формы выражения химического состава подземных вод	45
2.5 Живое вещество (микрофлора) подземных вод	46
2.5.1 Санитарное направление	46
2.5.2 Биохимическое направление	47
Глава 3. Процессы формирования химического состава подземных вод	49
3.1 Закономерности процессов растворения	49
3.1.1 Растворение и выщелачивание	49
3.1.2 Конгруэнтное и инконгруэнтное растворение	51
3.1.3. Скорость движения воды	52
3.1.4 Роль температуры	53
3.1.5 Растворение при участии гидролиза	54
3.1.6 Растворение с участием реакций комплексообразования	56
3.1.7 Растворение с участием окислительно-восстановительных реакций	58
3.1.8 Растворение с участием газов полярных газов	60
3.1.8.1 Растворение с участием углекислого газа (CO ₂)	60

3.1.8.2 Растворение с участием сероводорода (H ₂ S).	61
3.1.8.3 Растворение с участием серного ангидрита (SO ₃)	62
3.1.8.4 Растворение с участие аммиака (NH ₃)	62
3.1.9 Состав растворов, образующихся при растворении основных пород и породообразующих минералов	63
3.2 Изменение химического состава растворов вследствие процесса кристаллизации	64
3.2.1 Общие сведения	64
3.2.2 Испарительное концентрирование	67
3.2.3 Вымораживание	69
3.2.4 Изменение температуры и давления в очагах разгрузки	70
3.2.5 Изменение окислительно-восстановительного состояния	71
3.2.6 Смешение вод разного состава	72
3.3 Изменение химического состава растворов вследствие сорбции и ионного обмена	72
3.4. Влияние биохимических процессов на химический состав природных вод	76
Глава 4. Миграция химических элементов в водной среде	81
4.1 Факторы миграции	81
4.2 Миграционные формы химических элементов в подземных водах	81
4.3 Геохимические барьеры	85
4.3.1 Общие сведения	85
4.3.2 Виды геохимических барьеров	86
4.4 Закономерности миграции макрокомпонентов	93
4.5 Закономерности накопления и миграции микрокомпонентов	100
Глава 5. Основы региональной гидрогеохимии	112
5.1 Гидрогеохимическая зональность (поясность)	112
5.1.1 Общие представления	112
5.1.2 Горизонтальная гидрохимическая зональность грунтовых вод	113
5.1.2.1 Грунтовые воды Севера	115
5.1.2.2 Грунтовые воды гумидных областей	116
5.1.2.3 Грунтовые воды аридных областей	116
5.1.3 Высотная (горная) зональность	120
5.1.4 Вертикальная (глубинная) зональность	121

5.2. Основные генетические типы подземных вод	129
5.2.1 Воды инфильтрационно-атмосферного генезиса	129
5.2.1.1 Общие положения	129
5.2.1.2 Воды сульфатно-натриевого типа	130
5.2.1.3 Воды карбонатного (содового) типа	132
5.2.1.4 Воды хлоридного типа	134
5.2.1.4.1 Воды хлоридно-натриевого подтипа	134
5.2.1.4.2 Воды хлоридно-магниевые подтипа	135
5.2.2 Метаморфогенные воды	137
5.2.2.1 Седиментогенные хлоридные рассолы	137
5.2.2.2 Глубинные гидрокарбонатно-натриевые (инверсионные) воды	142
5.2.3 Вулканические воды (гидротермы)	145
5.3.2.1 Общие положения	145
5.2.3.2 Воды областей активного вулканизма	146
5.2.3.3 Магматогенные воды разломных зон областей современной тектонической активности	149
5.3. Принципы определения генетических типов подземных вод	152
5.4 Классификации подземных вод по химическому составу	158
Глава 6. Прикладная гидрогеохимия	162
6.1. Общие положения	162
6.2. Подземные воды хозяйственно-питьевого назначения	162
6.2.1 Общие сведения	162
6.2.2 Закономерности накопления основных нормируемых микрокомпонентов в пресных водах естественного формирования	165
6.2.3 Жесткость и агрессивность маломинерализованных вод	170
6.2.3.1 Жесткость воды	170
6.2.3.2 Агрессивность воды	171
6.2.3 Гидрохимическая характеристика основных видов промышленного загрязнения	172
6.2.3.1 Общие сведения	172
6.2.3 Геохимические особенности веществ, наиболее загрязняющих подземные воды	174
6.2.4 Геохимическая типизация загрязненных подземных вод	181
6.2.4.1 Общие сведения	181

6.2.4.2	Подземные воды районов техногенного загрязнения	182
6.2.4.2.1	Подземные воды угольных месторождений	182
6.2.4.2.2	Подземные воды сульфидных месторождений	183
6.2.4.2.3	Подземные воды месторождений редких металлов	184
6.2.4.2.4	Воды отвалов горно-обогатительных предприятий	185
6.2.4.2.5	Воды, формирующиеся на полигонах твердых бытовых отходов (ПТБО)	187
6.3	Промышленные подземные воды	188
6.3.1	Общие сведения	188
6.3.2	Особенности накопления в подземных водах основных промышленно значимых элементов	189
6.3.3	Гидрогеохимические провинции потенциально промышленных вод	190
6.4	Минеральные (лечебные) воды	192
6.4.1	Общие сведения	192
6.4.2	Углекислые воды	194
6.4.3	Сероводородные (сульфидные) воды	196
6.4.4	Железосодержащие воды	198
6.4.5	Мышьяксодержащие воды	199
6.4.6	Бромные, йодные и йодобромные воды	200
6.4.7	Радоновые воды	200
6.4.8	Кремнистые термы	201
6.4.9	Минеральные воды, обогащенные органическим веществом	202
6.5	Теплоэнергетические воды	202
	Литература	206