



В.П. Зверев

**Вода
в
Земле**

Научный мир

В.П. ЗВЕРЕВ

Вода в Земле
*Введение в учение
о подземных водах*

Допущено УМО по образованию в области прикладной геологии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 130302 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно геологические изыскания» направления подготовки 14-300 «Прикладная геология» (решение «16-04/УМО-21 от 16.04.08 г.).

Москва
Научный мир
2009

ББК 26.35
УДК 556
343

Зверев В.П.

Вода в Земле. Введение в учение о подземных водах. М.: Научный мир, 2009. 252 с.

В книге рассмотрены современные представления о роли подземных вод в развитии различных геологических процессов и эволюции Земли в достаточно доступной форме для студентов и специалистов различных геологических направлений. В ее основу положены представления об эволюции масс всех форм воды в основных оболочках земной коры в истории Земли и современную эпоху. Дана количественная оценка массопотоков подземных вод основных глобальных циклов их круговорота. Рассмотрены механизмы, направленность и кинетика преобразования вещества горных пород при взаимодействии с подземными водами и закономерности перераспределения химических элементов в подземной гидросфере. Оценены масштабы участия и закономерности режима подземных вод в различных экзогенных и эндогенных процессах, включая метаморфизм, магматизм и вулканизм. Рассмотрена роль подземных вод в тепловом балансе Земли, гидротермальной деятельности и рудогенезе. Сравнение распространения воды на Земле и планетах земной группы показало, что на Земле, где существуют океаны и реализуется круговорот подземных вод, охватывающий земную кору и мантию, последний в значительной степени компенсирует дегазацию и дегидратацию Земли, позволяя поддерживать вулканизм и дрейф литосферных плит за все время ее эволюции. Показано влияние современной антропогенной деятельности на изменение массопотоков и состава подземных вод и эволюцию геосистем.

Книга рассчитана на широкий круг студентов, аспирантов и специалистов гидрогеологов и инженер-геологов, а также других областей геологии: тектонистов, геофизиков, геохимиков, литологов, геоэкологов и др.

Ил. 36, Табл. 63, Библиогр. 254 назв.

Zverev V.P.

The Water in the Earth. The Introduction in Doctrine of Subsurface waters. M.: Scientific World. 2009, 252 p.

In the book modern representations about a role of subsurface waters in development of various geological processes and evolution of the Earth in enough accessible form for students and experts of various geological directions are considered. In its basis about evolution of masses of all water forms in the basic covers of the Earth's crust representations are put in the Histories of the Earth and recent Epoch. Is given the quantitative estimation of mass fluxes subsurface waters of the basic global cycles of their circulation. Mechanisms, an orientation and kinetics transformations of matter of rocks are considered at interaction with subsurface waters and peculiarity of migration of chemical elements in subsurface hydrosphere. Scales of participation and peculiarity of regime of subsurface waters in various exogenetic and endogenetic processes are appreciated, switching metamorphism, magmatism and volcanism. The role subsurface waters in the Earth heat balance, hydrothermal activity and mineral products formation is considered. Comparison of distribution of water on the Earth and terrestrial planets has shown, that on the Earth where there are oceans and circulation of subsurface waters, comprising the Earth's crust and The Mantle is realized, last substantially compensates the Earth degasation and dehydrotation, allowing to support volcanism and drift lithosphere plates for all time of its evolution. Influence of modern anthropogenous activity on change mass fluxes and composition of subsurface waters and evolution of geosystems is shown.

The book is designed for the broad audience: students, post-graduate students and experts the field of in hydrogeology, engineering geology, geology, tectonics, geophysics, geochemistry, lithology, geoecology and all.

Fig. 36, Tabl. 63, Bibliogr. 254.

ISBN 978-5-91522-032-3

ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ
УРО РАН

©Зверев В.П., 2009
©Научный мир, 2009

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ	5
ПРЕДИСЛОВИЕ	13
ВВЕДЕНИЕ.....	14
Часть I.....	17
ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОСФЕРА	17
ГЛАВА ПЕРВАЯ.....	17
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ В ЗЕМНОЙ КОРЕ	17
1.1. Формы существования подземных вод.....	17
1.2. Происхождение гидросферы и флюидный режим земной коры.....	21
1.3. Особенности распространения подземных вод.....	27
1.4. Массы воды в земной коре	29
ГЛАВА ВТОРАЯ.....	34
МАССОПОТОКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	34
2.1. Механизм и скорость движения подземных вод.....	34
2.2. Динамика подземной гидросферы верхних частей земной коры.....	37
2.3. Массы подземных вод, выделяющиеся из осадочных отложений.....	39
2.4. Количественная структура основных массопотоков подземных вод.....	43
ГЛАВА ТРЕТЬЯ.....	51
ВОДА НА ПЛАНЕТАХ ЗЕМНОГО ТИПА И СПУТНИКАХ.....	51
3.1. Вода в космосе.....	51
3.2. Вода на планетах	52
3.3. Вода на спутниках планет	55
3.4. Вода и эволюция планет земного типа	58

Часть II	61
СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	61
ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.....	61
СТРОЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ.....	61
4.1. Химические равновесия в природных водах.....	61
4.2. Электрохимические состояния природных вод	64
4.3. Формы нахождения химических элементов	
в подземных водах	68
4.4. Моделирование состояния химических элементов	73
ГЛАВА ПЯТАЯ.....	77
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	
С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ.....	77
5.1. Соотношение масс воды и породы в основных оболочках	
земной коры.....	77
5.2. Физическое взаимодействие на границе раздела фаз.....	79
5.3. Физико-химическое взаимодействие минералов	
с подземными водами.....	82
5.4. Направленность процессов взаимодействия	
воды и породы	86
5.5. Кинетика процессов взаимодействия воды и породы	91
ГЛАВА ШЕСТАЯ	95
МАССОПОТОКИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ	
В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ	95
6.1. Формирование состава подземных вод.....	95
6.2. Механизм массопереноса вещества в подземных водах.....	106
6.3. Глобальные массопотоки	109
6.4. Региональный массоперенос.....	114
6.5. Сравнительная оценка массопереноса на различных	
уровнях гидросферы	119
Часть III	126
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	126
ГЛАВА СЕДЬМАЯ	126
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ	126
7.1. Механическая деятельность подземных вод.....	127
7.2. Химический состав подземных вод, контролирующих	
экзогенные процессы.....	128

7.3. Направленность процессов химического выветривания	131
7.4. Масштабы химического выветривания.....	136
7.5. Кинетика процессов химического выветривания	142
ГЛАВА ВОСЬМАЯ.....	147
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ОСАДОЧНЫЙ ПРОЦЕСС	147
8.1. Массы природных вод, участвующих в седименто- и литогенезе	147
8.2. Баланс подземных вод отдельного осадочного бассейна.....	154
8.3. Геохимия подземных вод, контролирующая процессы литогенеза	159
8.4. Направленность процессов взаимодействия воды и породы на этапах литогенеза	164
8.5. Кинетика процессов диагенеза и катагенеза	174
ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.....	177
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И МЕТАМОРФИЗМ	177
9.1. Метаморфические реакции с участием воды	177
9.2. Режим воды при метаморфизме.....	182
ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.....	185
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И МАГМАТИЗМ.....	185
10.1. Вода в магме	185
10.2. Вулканизм и гидротермальная деятельность	189
ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.....	195
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И МЕХАНИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ.....	195
11.1. Геостатическое и гидростатическое давление	195
11.2. Трещины гидравлического разрыва	196
11.3. Влияние воды на другие виды деформации	197
ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ	198
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ТЕПЛОВЫЙ БАЛАНС ЗЕМЛИ	198
12.1. Геотемпературное поле и кондуктивный тепловой поток... ..	198
12.2. Конвективное перераспределение тепла	201
ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ	205
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ФОРМИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖ ДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	205
13.1. Современные гидротермальные растворы и рудогенез	205

13.2. Подземные воды и полезные ископаемые	216
Часть IV.....	220
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО	220
ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ.....	220
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	220
14.1. Ресурсы подземных вод.....	220
14.2. Минеральные воды	221
14.3. Термальные воды	223
ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ.....	225
АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ.....	225
15.1. Гидродинамические изменения.....	225
15.2. Гидрогеохимические изменения.....	231
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	239
Литература	240

CONTENTS

Preface.....	13
Introduction.....	14
Part I	17
Subsurface Hydrosphere.....	17
Chapter first.....	17
Subsurface waters in the Earth's Crust.....	17
1.1. The existence forms of subsurface waters.....	17
1.2. Origin of the Hydrosphere and fluid regime of the Earth's Crust....	21
1.3. Peculiarity of subsurface waters spreading	27
1.4. Masses of waters in the Earth's Crust	29
Chapter second	34
Mass fluxes of subsurface waters	34
2.1. Mechanism and velocity of the subsurface waters movem.....	34
2.2. Dynamics of the subsurface Hydrosphere of the Earth's Crust top parts	37
2.3. The subsurface waters masses separating from sedimentary sequences	39
2.4. Quantitative structure of principal mass fluxes of subsurface waters	43
Chapter third	51
3.1. Water in the Cosmos	51
3.2. Water on the planets	52
3.3. Water on the satellites	55
3.4. Water and evolution of the terrestrial planets	58
Part II	61
Composition of subsurface waters	61
Chapter fourth	61

The structure of natural water solutions	61
4.1. Chemical equilibrium in subsurface waters	61
4.2. Electrochemical state in subsurface waters	64
4.3. Forms of occurrence of chemical elements in subsurface waters	68
4.4. Thermodynamic modeling of chemical elements states	73
 Chapter fifth	77
Subsurface water-Rock Interaction	77
5.1. Ratio of waters and rocks masses in basic covers of the Earth's Crust	77
5.2. Physical interaction at the between the phases	79
5.3. The physical-chemical interaction of mineral and subsurface waters	82
5.4. The trend of the water-rock interaction processes	86
5.5 The kinetics of the water-rock interaction processes	91
 Chapter sixth	95
Mass fluxes of chemical elements in subsurface waters	95
6.1. The chemical composition formation ob sub surface watwrs	95
6.2. The mass fluxes mechanism of matter in subsurface waters	106
6.3. The global mass fluxes	109
6.4. The regional mass fluxes	114
6.5. Comparative evaluation of mass fluxes models in different levels of the hydrosphere	119
 Part III	126
 Subsurface waters and geological processes	126
Chapter seventh	126
Subsurface waters and exogenetic processes	126
7.1. The mechanical activity of subsurface waters	127
7.2. Chemical compositions of the subsurface waters controlling the exogenetic processes	128
7.3. Trend of the chemical weathering processes	137
7.4. The Scales of the chemical weathering	131
7.5. The kinetics of the chemical weathering processes	136
 Chapter eighth	147
Subsurface waters and sedimentary process	147
8.1. Masses of subsurface waters and sedimento- lithogenesis processes	147

8.2. Subsurface waters balance of the sedimentary basin	154
8.3. Geochemistry of subsurface waters controlling the lithogenesis	159
8.4 .The trend of water-rock interaction at stages of lithogenesis	164
8.5. The kinetic of processes of diagenesis and catagenesis	174
Chapter ninth	177
Subsurface waters and metamorphism	177
9.1. The metamorphic reaction with water participation	177
9.2. The water mode at metamorphism	182
Chapter tenth	185
Subsurface waters and magmatism	185
10.1. Water in magma	185
10.2. Volcanism and hydrothermal activity	189
Chapter eleventh	195
Subsurface waters and mechanical deformation of the Earth's Crust	195
11.1. Geostatical and hydrostatical pressure	195
11.2. Clefs of hydraulic break	196
11.3. Water influence on another variety of deformation	197
Chapter twelfth	198
Subsurface waters and the Earth heat balance	198
12.1. The geotemperature field and conductive heat flow	198
12.2. Convective redistribution of heat	201
Chapter thirteenth	205
Subsurface waters and mineral products formation	205
13.1. The resent hydrothermal solutions and ore deposition	205
13.2. Subsurface waters and mineral products	216
Part IV	220
Groundwater and Humanity	220
Chapter fourteenth	220
Use is made of ground waters	220
14.1. Groundwater resources	220
14.2. Mineral water	221
14.3. Thermal waters	223
Chapter fifteenth	225

Anthropogenous changes of subsurface waters and the geological environment	225
15.1. Hydrodynamical changes	225
15.2. Hydrogeochemical changes	231
Conclusion	239
Bibliography	240