

ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

А.М. Гальперин
В.С. Зайцев
Г.Н. Харитоненко
Ю.А. Норватов

ГЕОЛОГИЯ

Часть III ГИДРОГЕОЛОГИЯ

*Допущено Учебно-методическим
объединением вузов Российской Федерации
по образованию в области горного дела
в качестве учебника для студентов вузов,
обучающихся по направлению подготовки
«Горное дело»*

МОСКВА
«МИР ГОРНОЙ КНИГИ»
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»

2 0 0 9



УДК 556/3(075)

ББК 26.35

Г 17

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых» СанПиН 1.2.1253—03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.012634.11.08

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-74/6 от 30.10.2007 г.)

Рецензенты:

- кафедра геологии и гидрогеологии Московского государственного открытого университета (зав. кафедрой проф., д-р геол.-минер. наук С.С. Бондаренко);
- проф., д-р техн. наук В.И. Стрельцов (ФГУП «ВНОГЕМ»)

Гальперин А.М., Зайцев В.С., Харитоненко Г.Н., Норватов Ю.А.

Г 17

Геология: Часть III — Гидрогеология: Учебник для вузов. — М.: «Мир горной книги», Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2009. — 400 с.: ил. (ГЕОЛОГИЯ)

ISBN 978-5-91003-043-9 (в пер.)

ISBN 978-5-7418-0591-6

ISBN 978-5-98672-146-0

Изложены основные вопросы дисциплины геологического курса — гидрогеологии — применительно к практике горного дела. Приведены сведения по общей гидрогеологии, динамике подземных вод, горно-промышленной гидрогеологии. Подробно охарактеризованы гидрогеологические задачи, решаемые при освоении обводненных месторождений твердых полезных ископаемых и подземном строительстве. Дана методика составления прогнозных оценок гидрогеологических условий освоения геологической среды. Описаны мероприятия по управлению техногенным режимом подземных вод, а также методика изучения гидрогеологической обстановки территорий освоения геологической среды.

А.М. Гальперин — д-р техн. наук, проф., В.С. Зайцев — канд. техн. наук, проф., Г.Н. Харитоненко — канд. техн. наук, проф. (МГТУ), Ю.А. Норватов — д-р геол.-минер. наук (ВНИМИ).

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Горное дело».

УДК 556/3(075)

ББК 26.35

ISBN 978-5-91003-043-9

ISBN 978-5-7418-0591-6

ISBN 978-5-98672-146-0

© А.М. Гальперин, В.С. Зайцев, Г.Н. Харитоненко, Ю.А. Норватов, 2009

© «Мир горной книги», Издательство МГТУ, издательство «Горная книга», 2009

© Дизайн книги. Издательство МГТУ, 2009



Согласно сложившейся методике преподавания геологических дисциплин на технологических факультетах Московского государственного горного университета после изучения курсов «Основы геологии» (учебник «Геология», часть I, издательство МГГУ), «Геология и разведка» (учебник «Геология», часть II, издательство МГГУ) следуют курсы «Гидрогеология» и «Инженерная геология». В соответствии с утвержденной специальной программой этих курсов кафедрой геологии подготовлены для издания следующие два учебника: «Гидрогеология» (учебник «Геология», часть III) и «Инженерная геология» (учебник «Геология», часть IV).

В предлагаемом учебнике «Гидрогеология» выделены три раздела: «Общая гидрогеология», «Динамика подземных вод» и «Горно-промышленная гидрогеология», которые дают представление о современном уровне развития этой отрасли геологических знаний.

Проблемы гидрогеологии месторождений полезных ископаемых и строительства подземных сооружений рассматриваются с учетом конкретных горно-технологических задач, что способствует выработке эффективных мероприятий по управлению состоянием массива горных пород в ходе освоения геологической среды и восстановления экологического равновесия. Принцип совместного рассмотрения гидрогеологических и инженерно-геологических процессов с гидрогеомеханических или природоохранных позиций служит надежной базой принятия адекватных горно-технических решений в условиях современного производства.

В 1989 г. в издательстве «Недра» вышел учебник «Гидрогеология и инженерная геология» (авт.: А.М. Гальперин, В.С. Зайцев, Ю.А. Норватов) для студентов горно-технологических специальностей вузов. В 1993 г. издательством «Балкема» (Нидерланды) была опубликована на английском языке новая редакция этого учебника.

За прошедшие почти двадцать лет накопилась научно-техническая и производственная информация, дополняющая, а иногда меняющая наши представления в рассматриваемых областях знаний. Кроме того, в этот период неоднократно пересматривались программы курсов данных дисциплин для студентов различных специальностей. Значительная переработка и дополнения увеличили объем, что потребовало отдельного изложения данных курсов. Вместе с тем изложение ряда вопросов в книге осталось аналогичным, принятому в учебнике 1989 г.

Издание учебника «Гидрогеология» подготовлено преподавателями кафедры геологии МГГУ — профессорами А.М. Гальпериным, В.С. Зайцевым и Г.Н. Харитоненко, а также проф. Ю.А. Норватовым (ВНИМИ, Санкт-Петербург).

Соавторы и коллеги хранят добрую память о безвременно ушедшем из жизни Геннадии Николаевиче Харитоненко — товарище и ученом.

Авторы искренне признательны рецензентам — проф., д-ру геол.-минер. наук С.С. Бондаренко и проф., д-ру техн. наук В.И. Стрельцову, советы и замечания которых явились ценными для завершения работы над учебником «Гидрогеология».

Авторы будут благодарны всем, кто укажет на имеющиеся в работе недочеты. Замечания просьба направлять по адресу: Москва, Ленинский просп., д. 6, МГГУ, кафедра геологии.

*Картина видимой природы
определяется водой.*

В.И. Вернадский

Термин *гидрогеология* впервые был использован в 1802 г. французским естествоиспытателем Жаном Батистом Ламарком для обозначения явлений разрушения и отложения пород с помощью воды на поверхности Земли. С 80-х г. XIX в. этот термин стал означать учение о подземных водах.

По мнению основоположника отечественной гидрогеологии и инженерной геологии академика Федора Петровича Саваренского (1881—1946), «развитие учения о подземных водах шло по двум путям: во-первых, поскольку подземные воды приурочены к горным породам, имеющим определенные формы и условия залегания, гидрогеология тесно связана с геологией, на основе которой она развивалась и без знания которой изучение ее невозможно; с другой стороны, поскольку подземные воды находятся в движении и для различных практических целей их извлечения или использования приходится прибегать к данным гидравлики и гидрологии, развитие учения о подземных водах шло также по пути технического — разработки основных положений гидравлики подземных вод и выработки практических приемов количественной оценки их для задач водоснабжения, осушения и т.д.».

В современном представлении, гидрогеология — это прикладная научная дисциплина, которая изучает: 1) происхождение, условия залегания, закономерности распространения и движения подземных вод в земной коре; 2) процессы взаимодействия подземных вод, рассматриваемых как сложные природные растворы, с горными породами, представляющими собой многокомпонентные динамические системы; 3) роль подземных вод в геологических процессах и формировании место-

рождений полезных ископаемых; 4) изменения гидрогеологической обстановки в процессе инженерной деятельности.

Гидрогеология тесно связана со смежными отраслями знаний — климатологией, метеорологией, гидрологией и мелиорацией, физикой, химией, математикой, горным и строительным делом.

Расширение знаний о подземной гидросфере, необходимость решения сложных и многообразных проблем освоения геологической среды обосновали целесообразность выделения следующих основных научных направлений в гидрогеологии.

1. *Общая гидрогеология* — рассматривает происхождение, размещение, движение подземных вод и процессы их взаимодействия с горными породами, изучает особенности физических свойств подземных вод, находящихся во взаимодействии с поверхностными водами Земли. Становление и развитие этого направления гидрогеологии связано с трудами В.И. Вернадского, Ф.П. Саваренского, А.Ф. Лебедева, О.К. Ланге, Н.И. Толстихина, Г.Н. Каменского, А.М. Овчинникова, Г. В. Богомолова.

2. *Гидрогеохимия* — занимается изучением формирования химического состава подземных вод различного происхождения. Как научное направление она возникла на стыке геохимии и гидрогеологии; основная роль в формировании ее научных основ принадлежит В.И. Вернадскому, А.Е. Ферсману, А.И. Семихатову, Г.Н. Каменскому, В.А. Приклонскому, А.М. Овчинникову, Е.В. Пиинскеру, В.М. Швецу, С.С. Бондаренко. Развитие гидрогеохимии в нашей стране способствовало разработке гидро-геохимического метода поиска полезных ископаемых, основанного на регистрации в подземных и поверхностных водах следов химических элементов.

3. *Динамика подземных вод* — исследует закономерности движения подземных вод в горных породах с целью количественной оценки этого процесса и управления им в нужном направлении. Основы динамики подземных вод заложены А. Дарси, Ж. Дюпюи, Н.Е. Жуковским, Н.Н. Павловским, Ф. Форхгеймером. Велик вклад в развитие динамики подземных вод Ф.М. Бочевера, Н.К. Гириного, В.М. Шестакова, В.А. Мироненко, И.К. Гавич, Б.В. Боровского, Я. Бэра, Де Уиста, Ж. Фрида и других современных исследователей.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	7

РАЗДЕЛ I

ОБЩАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ	13
---------------------------	----

ГЛАВА 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЗЕМЛИ И КРУГОВОРОТ ВОДЫ В ПРИРОДЕ	15
--	----

§ 1. Запасы воды на Земле	15
§ 2. Элементы гидрологического круговорота воды	24
§ 3. Геологический круговорот	42
§ 4. Уравнение водного баланса	44
Контрольные вопросы	46

ГЛАВА 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТОЯНИИ И СВОЙСТВАХ ГОРНЫХ ПОРОД	47
---	----

§ 1. Понятие о факториальных и рекультативных характеристиках горных пород	47
§ 2. Показатели плотности	50
§ 3. Показатели скважности	52
§ 4. Показатели трещиноватости	57
§ 5. Показатели влажности	59
§ 6. Зерновой состав	60
Контрольные вопросы	61

ГЛАВА 3. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	62
---	----

§ 1. Воды подземной гидросферы	62
§ 3. Теории происхождения подземных вод	72
§ 3. Строение подземной гидросферы	79
§ 4. Классификации подземных вод	85
Контрольные вопросы	98

ГЛАВА 4. СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД	99
§ 1. Структура и физические свойства подземных вод	99
§ 2. Факторы формирования состава подземных вод	106
§ 3. Геохимические условия формирования химического состава подземных вод	110
§ 4. Процессы формирования состава подземных вод	114
§ 5. Химический состав подземных вод и способы его определения	119
§ 6. Химические свойства подземных вод	125
§ 7. Биологические свойства подземных вод	128
§ 8. Оценка качества воды	130
Контрольные вопросы	137

ГЛАВА 5. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	138
---	-----

§ 1. Условия питания подземных вод. Дренажное водонасыщение горизонтов	138
§ 2. Грунтовые воды	146
§ 3. Артезианские воды	154
§ 4. Трещинные воды	162
§ 5. Карстовые воды	165
§ 6. Подземные воды криолитозоны	168
§ 7. Природный режим подземных вод	171
Контрольные вопросы	178

РАЗДЕЛ 2

ДИНАМИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД	179
-------------------------------	-----

ГЛАВА 6. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИНАМИКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	181
--	-----

§ 1. Основные понятия о движении подземных вод	181
§ 2. Напряжения в водонасыщенных горных породах	188
§ 3. Гидродинамические элементы подземного потока	190
§ 4. Фильтрационные и емкостные свойства горных пород	197
§ 5. Законы фильтрации	203
§ 6. Классификация потоков и виды движения подземных вод	217
§ 7. Движение подземных вод в напорном пласте	223
§ 8. Движение подземных вод в безнапорном пласте	225
Контрольные вопросы	226

ГЛАВА 7. ДВИЖЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД К ИСКУССТВЕННЫМ ДРЕНАМ ПРИ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ	228
§ 1. Общие сведения	228
§ 2. Движение подземных вод к одиночной совершенной вертикальной дрене в безнапорном пласте	231
§ 3. Движение подземных вод к одиночной совершенной вертикальной дрене в напорном пласте	237
§ 4. Приток подземных вод к вертикальной дрене несовершенного типа	243
§ 5. Расход воды поглощающими дренами	246
§ 6. Приток воды в совершенную горизонтальную дрину	247
Контрольные вопросы	250

ГЛАВА 8. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДРЕН ПРИ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ФИЛЬТРАЦИИ

§ 1. Общие сведения	251
§ 2. Расчет системы произвольно расположенных взаимодействующих скважин	253
§ 3. Расчет закономерно расположенных взаимодействующих скважин	258
Контрольные вопросы	262

РАЗДЕЛ 3

ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

ГЛАВА 9. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

§ 1. Формирование техногенного режима подземных вод	265
§ 2. Формирование водоприток в горные выработки	271
§ 3. Влияние подземных вод и атмосферных осадков на условия строительства и эксплуатации горно-добывающих предприятий	274
Контрольные вопросы	280

ГЛАВА 10. ДРЕНАЖ КАРЬЕРНЫХ И ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ

§ 1. Гидрогеологические классификации месторождений полезных иско- паемых	282
§ 2. Гидрогеологические и инженерно-геологические классификации условий строительства подземных сооружений	288
§ 3. Мероприятия по дренированию месторождений полезных иско- паемых	296

§ 4. Системы дренажа карьерных и шахтных полей	310
§ 5. Схемы дренирования (осушения) карьерных и шахтных полей	311
§ 6. Дренирование территорий в практике строительства подземных сооружений	321
Контрольные вопросы	331

ГЛАВА 11. ПРОГНОЗ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

§ 1. Общие сведения.....	332
§ 2. Расчет водопритоков в одиночные горные выработки аналитическими методами.....	333
§ 3. Расчет водопритоков в систему подземных горных выработок	339
§ 4. Определение водопритоков в открытые горные выработки	348
§ 5. Определение водопритоков при прорывах подземных вод.....	354
§ 6. Прогноз уровней дренируемых водоносных горизонтов.....	355
Контрольные вопросы	357

ГЛАВА 12. ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ С ЦЕЛЬЮ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫМ РЕЖИМОМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

§ 1. Мероприятия по регулированию поверхностного стока на карьерных и шахтных полях	358
§ 2. Охрана подземных вод от истощения и загрязнения	361
§ 3. Гидрогеологические наблюдения при ликвидации горных выработок, выполнении горных работ вблизи затопленных выработок и скважин, рекультивации карьеров и отвалов.....	366
Контрольные вопросы	369

ГЛАВА 13. ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

§ 1. Гидрогеологические работы при разведке месторождений полезных ископаемых	371
§ 2. Гидрогеологические наблюдения и эксперименты на стадиях строительства и эксплуатации горно-добывающих предприятий.....	385
§ 3. Определение гидрогеологических параметров по результатам наблюдений за техногенным режимом подземных вод.....	389
Контрольные вопросы	393