

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

А. В. Бойцов

ГЕОКРИОЛОГИЯ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КРИОЛИТОЗОНЫ

Допущено УМО вузов РФ по образованию
в области прикладной геологии в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальности 130101 «Прикладная геология»
(специализация «Поиски и разведка подземных вод
и инженерно-геологические изыскания»)
направления подготовки специалистов
130100 «Прикладная геология»

Тюмень
ТюмГНГУ
2011

УДК 551.345:551.340

ББК 26.36; 26.35

Б 77

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук А. А. Коновалов
доктор геолого-минералогических наук, профессор МГУ В. В. Рогов

Редактор

кандидат геолого-минералогических наук А. Н. Курчатова

Бойцов, А. В.

Б 77 Геокриология и подземные воды криолитозоны : учебное пособие /
А. В. Бойцов. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 178 с.
ISBN 978-5-9961-0400-0

Пособие знакомит с современными представлениями о криолитозоне, причинах формирования, истории развития и динамике, с особенностями ее строения, свойствами мерзлых и промерзающих отложений и экзогенными геологическими процессами, протекающими при отрицательных температурах. В отдельном разделе рассматриваются условия взаимодействия подземных вод с мерзлыми породами.

Пособие предназначено для студентов геологических и смежных специальностей ТюмГНГУ, оно может быть полезно для специалистов, работающих в сфере инженерной геологии, гидрогеологии, строительстве и др.

The modern representations about the cryolithizone, the reasons of its formation, history of development and dynamics, structure, properties of the frozen and the freezing ground and the geological processes in permafrost regions are considered in the first part. The interaction of underground waters with the frozen ground is presented in the second part.

The book is intended for students of geological specialities, it can be useful for the experts working in the sphere of engineering geology, hydrogeology, building, etc.

УДК 551.345:551.340

ББК 26.36; 26.35

ISB
N
978-
5-
9961

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
профессионального образования
«Тюменский государственный
нефтегазовый университет», 2011

Освоение северных территорий России, где находятся крупнейшие месторождения полезных ископаемых, связано с большими экономическими затратами на борьбу с негативными явлениями, обусловленными низкими температурами воздуха и горных пород. В области распространения мерзлых толщ (криолитозоне) природные процессы обладают своей спецификой, которую необходимо учитывать при решении различных инженерно-геологических задач, охране и рациональном использовании природных ресурсов. Поэтому работающие на Севере специалисты должны быть знакомы с основами учения о мерзлых породах и геологических процессах, протекающих при отрицательных температурах, т.е. общей геокриологией (мерзлотоведением).

Геокриология – молодая наука, которая зародилась на рубеже XIX-XX столетий в соответствии с требованиями практики. Вторая половина XX века ознаменовалась интенсивным развитием науки, которое выражалось в размахе и объеме экспедиционных исследований по изучению криолитозоны в различных уголках Земного шара, совершенствовании методики работ, развитии экспериментальных исследований, расширении теоретических основ мерзлотоведения и т.д.

К настоящему времени накоплен большой фактический материал геокриологических исследований, который обобщен в многочисленных научных монографиях и стал базой для написания новых учебников по геокриологии. Пальма первенства в подготовке учебников и учебных пособий по этой науке принадлежит известным ученым – преподавателям Московского государственного университета, в котором готовятся научные кадры высшей квалификации. В соответствии с обширной многочасовой программой подготовки специалистов-геокриологов в МГУ и созданы соответствующие учебники.

В связи с возрастающими запросами практики в учебные программы Тюменского нефтегазового университета, готовящего кадры для нужд нефтегазовой промышленности и сопутствующих производств, введены дисциплины криологической направленности. Объем учебных программ для существующих специальностей не позволяет рассматривать многие вопросы геокриологической науки, поэтому в преподавании этой дисциплины упор делается именно на основные положения. Студенты и выпускники ВУЗов, самостоятельно изучающие геокриологию или выполняющие работы по заданию преподавателя, сталкиваются с большой трудностью усвоения материала, изложенного в существующих многостраничных учебниках и требующего хорошей математиче-

ской подготовки. Для того, чтобы подготовка специалистов в сжатые сроки была более эффективной и задумано данное пособие.

Пособие состоит из двух частей, включающих общую геокриологию и подземные воды криолитозоны. В первой части приводятся основные сведения о мерзлых породах, этапах развития криолитозоны и причинах ее возникновения, истории изучения мерзлых пород, криогенных явлениях и процессах, строении мерзлых толщ Западной Сибири и пр. Раздел написан на базе известных учебников по геокриологии и общему мерзлотоведению, в первую очередь изданных под редакцией В.А.Кудрявцева (1978) и Э.Д.Ершова (2002).

Вторая часть учебного пособия посвящена особенностям формирования, развития, динамики и режима различных типов подземных вод в условиях сезонного и многолетнего промерзания горных пород. Здесь, наряду с известными положениями о гидрогеологии криолитозоны (Романовский, 1983; Фотиев, 1978), приводятся материалы собственных исследований и представлений автора, которые не всегда укладываются в классические схемы, но позволяют понять читателю всю сложность взаимодействия подземных вод с мерзлыми породами, расширить кругозор, а иногда по-новому взглянуть на, казалось бы, неопровержимые факты.

Оглавление
Часть I

Предисловие	3
1. Введение в геокриологию	5
1.1. Предмет геокриологии, понятия и термины; криосфера Земли	5
1.2. История исследований криолитозоны	9
1.3. Структура современной геокриологии	16
2. Криогенные периоды в истории Земли	19
2.1. Ранние этапы развития планеты	19
2.2. Основные этапы развития криолитозоны в позднем кайнозойе	20
2.3. Причины становления ледниково-криогенных периодов	22
3. Термодинамические и климатические условия формирования мерзлых толщ	27
3.1. Энергетический баланс Земли	27
3.2. Температурное поле горных пород	31
3.3. Задача о промерзании и протаивании горных пород	38
4. Состав, строение и свойства мерзлых пород	42
4.1. Состав мерзлых дисперсных пород	42
4.2. Криогенное строение мерзлых пород	44
4.3. Физико-механические, теплофизические и водные свойства мерзлых пород	48
5. Сезонное промерзание и протаивание горных пород	52
5.1. Формирование сезонноталого (СТС) и сезонномерзлого (СМС) слоев	52
5.2. Классификация типов сезонного промерзания и протаивания почв и горных пород	55
5.3. Влияние различных факторов природной среды на формирование температурного режима и мощность СТС и СМС	59
5.3.1. Литологический состав и влажность пород	59
5.3.2. Снежный покров	62
5.3.3. Растительность	66
5.3.4. Водный покров и заболоченность	68
5.3.5. Рельеф местности, экспозиция и крутизна склонов	69
5.3.6. Конвективные потоки воды и воздуха	70
6. Закономерности формирования мощности и температурного режима многолетнемерзлых толщ	73
6.1. Современные представления о развитии многолетнемерз-	73

лых толщ	
6.2. Зависимость мощности криолитозоны от периодических изменений климата и геолого-географических факторов	76
7. Экзогенные геологические процессы в криолитозоне	81
7.1. Физические и физико-химические процессы в промерзающих, мерзлых и оттаивающих породах	81
7.2. Криогенные (мерзлотные) геологические процессы и явления	84
7.2.1. Морозное пучение дисперсных пород	84
7.2.2. Морозобойное растрескивание и полигонально-жильные образования	89
7.2.3. Термокарст	93
7.2.4. Наледообразование	96
7.2.5. Криогенные склоновые (гравитационные) процессы	99
7.2.6. Термогидрогенные процессы	102
8. Криолитозона Западной Сибири	105
8.1. История формирования мерзлых толщ	105
8.2. Современное строение криолитозоны	110
8.3. Некоторые результаты температурного мониторинга криолитозоны	
Надым-Пуровского междуречья (месторождение Юбилейное)	116

Часть II

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ТЕРРИТОРИИ РАЗВИТИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

9. Особенности гидрогеологии мерзлой зоны литосферы	119
9.1. Основные закономерности влияния многолетнего промерзания горных пород на гидрогеологические условия криолитозоны	119
9.2. Изменение гидрогеологических структур под воздействием многолетнего промерзания недр	122
9.2.1. Промерзание гидрогеологических массивов и адмассивов	124
9.2.2. Промерзание адартезианских бассейнов	124
9.2.3. Промерзание артезианских бассейнов	125
9.2.4. Промерзание вулканогенных бассейнов	126
9.3. Классификация подземных вод по отношению к мерзлым толщам	127
10. Подземные воды таликов	130
10.1. Классификация таликов	130
10.2. Особенности гидротермического режима отдельных типов	134

таликов	
10.2.1. Подозерные гидрогенные талики	134
10.2.2. Подземные воды радиационно-тепловых таликов	136
10.2.3. Результаты натурных режимных наблюдений на водоносном склоновом талике	137
11. Некоторые особенности гидродинамического режима подмерзлотных водоносных горизонтов	145
Литература	153
Приложения	157
1. Имена людей, внесших значимый вклад в становление общего мерзотоведения (геокриологии) и науки о подземных водах	157
2. Экзогенные геологические процессы и явления в криолитозоне	167