

*Географические науки***НАДМЕРЗЛОТНЫЕ ВОДЫ
КРИОЛИТОЗОНЫ**

Шепелёв В.В.

*Российская академия наук, Сибирское отделение,
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова,
Якутск, e-mail: referent@mpi.ysn.ru*

Ответственный редактор Р.В. Чжан.

Одной из важнейших особенностей природных условий полярных, субполярных, умеренных и высокогорных областей суши нашей планеты является сезонное и многолетнее промерзание горных пород. Область многолетнего промерзания горных пород (криолитозона) занимает в настоящее время около 25 % суши, ежегодному сезонному промерзанию подвергается примерно такая же площадь (около 26 %). В целом суммарная площадь многолетнего и сезонного промерзания горных пород на Земле составляет около 76 млн км², или порядка 51 % поверхности суши в современный период.

Весьма значительное влияние сезонного и, особенно, многолетнего промерзания горных пород на гидрологические, геоморфологические, гидрогеологические, литологические, гидрохимические, инженерно-геологические, ландшафтные и другие природные условия связано с ежегодной и многолетней сменой этих процессов на соответствующие по длительности процессы протаивания. Именно сезонная и различная по продолжительности многолетняя цикличность процессов промерзания и протаивания обуславливает существенное криогенное преобразование горных пород и содержащихся в них подземных вод и газов. При этом подземные воды, являющиеся одним из основных подвижных компонентов геологической среды, под воздействием циклических температурных возмущений меняют не только химический состав и физические свойства, но и свое агрегатное состояние, в частности, переходя периодически из жидкой фазы в твердую и обратно.

Подземные воды криолитозоны можно рассматривать как фактор, определяющий физическую сущность процессов промерзания и протаивания горных пород, а также специфику многих криогенных физико-механических, физико-химических, физико-геологических, инженерно-геологических и других процессов. Наиболее активно криогенные процессы протекают в приповерхностной части геокриологического разреза, где они приобретают отчетливую сезонную цикличность, которая как бы накладывается на многолетнюю периодичность их развития. В целом же взаимосвязь сезонных и многолетних циклов промерзания и протаивания горных пород сложна и многообразна. Следствием и своеобразным показате-

лем этой взаимосвязи являются надмерзлотные воды, их формирование, распространение, режим и ресурсы.

Надмерзлотные воды, наряду с межмерзлотными и подмерзлотными, относят к основным типам гравитационных подземных вод в области развития криолитозоны. Однако, в отличие от двух последних типов, надмерзлотные воды могут формироваться не только в области распространения многолетнемерзлых пород, но и там, где в настоящее время наблюдается только устойчивое сезонное промерзание горных пород. В современный период общие климатические условия для формирования и распространения надмерзлотных вод можно оценить как относительно благоприятные. Так, по подсчетам некоторых исследователей [Втюрин, 1975; Шумилов, 1986] только в области распространения многолетнемерзлых пород ежегодно переходит в талое состояние около $4,4 \cdot 10^{12}$ м³ льда, что примерно равно удвоенному единовременному объему воды всех рек нашей планеты. Эта цифра в какой-то мере может характеризовать величину годового надмерзлотного стока, с учетом того, что большая часть влаги, образуемой от таяния подземных льдов деятельного слоя криолитозоны, расходуется именно на формирование различных видов надмерзлотных вод.

Значительные масштабы распространения и внушительные общие ресурсы надмерзлотных вод, их неглубокое залегание от дневной поверхности и поэтому активная реакция на изменения климата и техногенное освоение территорий, а также существенная роль, которую играют эти воды в формировании водного баланса и режима рек и озер, в развитии различных криогенных процессов, в подтоплении зданий, инженерных сооружений и сельхозугодий, – все эти и другие вопросы в комплексе делают проблему изучения надмерзлотных вод криолитозоны одной из актуальных теоретических, методических и практических проблем геокриологии, гидрогеологии, геоэкологии и инженерной геологии на современном этапе развития этих наук.

Автором впервые в отечественной и мировой научной литературе систематизированы и обобщены сведения о надмерзлотных водах криолитозоны. При обобщении материалов о надмерзлотных водах автор стремился придерживаться двух основополагающих методологических принципов: единства природных вод и геоисторического принципа. С позиций первого принципа надмерзлотные воды правомерно рассматривать как звено годового или многолетнего общего межфазового (лед ↔ пар ↔ вода) круговорота воды в верхней части криолитозоны. Подобный подход позволяет глубже понять место надмерзлотных вод в общей схеме

гравитационных подземных вод, а также полнее и всестороннее исследовать связь условий их формирования, режима и баланса с сезонным и многолетним промерзанием и протаиванием горных пород.

Важное значение в изучении надмерзлотных вод и обобщении сведений о них имеет и учет геосторического принципа. Потенциально возможные условия формирования и распространения надмерзлотных вод периодически менялись в процессе многолетних колебаний как глобального, так и регионального климата. Наиболее благоприятная обстановка для развития надмерзлотных вод создается в периоды потеплений климата. Однако ввиду присущей в целом подземным водам фазовой инерционности к климатическим флуктуациям, зависимость условий формирования и распространения надмерзлотных вод от изменений климата имеет более сложный характер, который во многом и определяет специфику изменения инфильтрационного питания, режима и ресурсов этих вод и их влияния на гидрологические, ландшафтные, инженерно-геологические и другие условия.

При обобщении сведений о надмерзлотных водах учитывались в основном результаты комплексных стационарных наблюдений, когда изучались как особенности питания и режима этих вод, так и геокриологические, метеорологические, гидрологические и другие условия их формирования, распространения и разгрузки. Подобные многолетние комплексные наблюдения были организованы и проведены автором непосредственно или под его научным руководством в различных районах Якутии и сопредельных с ней регионах. Были, безусловно, учтены и имеющиеся результаты комплексных наблюдений за надмерзлотными водами, осуществленных в разные годы другими исследователями в различных регионах северной Евразии.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов (геокриологов, гидрогеологов, гидрологов, геоэкологов инженеров-геологов и др.), занимающихся проблемами комплексного изучения и освоения холодных регионов нашей планеты. Издание может быть использовано в качестве учебного пособия для студентов географических, геолого-разведочных и инженер-

но-строительных факультетов высших учебных заведений.

Содержание книги

Введение.....5
 Глава 1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ КРИОЛИТОЗОНЫ8
 1.1. Принцип единства природных вод и его значение в гидрогеологии и геокриологии8
 1.2. Основные особенности взаимодействия подземных вод и мерзлых горных пород.....14
 1.3. О гидрогеологической классификации подземных вод криолитозон20
 Глава 2. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ И РАЗГРУЗКИ НАДМЕРЗЛОТНЫХ ВОД.....26
 2.1. Геокриологические условия формирования и подразделение надмерзлотных вод26
 2.2. Основные закономерности распространения34
 2.3. Особенности разгрузки.....45
 Глава 3. РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ В ПИТАНИИ НАДМЕРЗЛОТНЫХ ВОД.....53
 3.1. Инфильтрация атмосферных осадков53
 3.2. Конденсация водяных паров в зоне аэрации надмерзлотных водоносных слоев и горизонтов58
 3.3. Инфильтрация поверхностных вод ...64
 3.4. Другие природные факторы питания надмерзлотных вод69
 Глава 4. Естественный режим надмерзлотных вод.....72
 4.1. Специфика процессов влагопереноса в зоне аэрации мерзлых горных пород72
 4.2. Особенности гидродинамического режима надмерзлотных вод88
 4.3. Режим формирования химического состава надмерзлотных вод107
 4.4. Режим наледей надмерзлотных вод.116
 Глава 5. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА УСЛОВИЯ ПИТАНИЯ И РЕЖИМ НАДМЕРЗЛОТНЫХ ВОД.....121
 5.1. Воздействие техногенных факторов на условия питания надмерзлотных вод.....121
 5.2. Роль техногенеза в формировании режима надмерзлотных вод122
 5.3. Рекомендуемые мероприятия по дренированию надмерзлотного стока132
 Заключение139
 Литература143