

Задание на 15.12.20

Лекция 12

12 Подземные воды и талики области распространения многолетнемерзлых пород

12 Основные черты взаимодействия подземных вод и мерзлых толщ горных пород

Подземные воды оказывают большое влияние на формирование толщ мерзлых пород. Со своей стороны, глубокое промерзание и охлаждение литосферы существенно воздействуют на гидрогеологические условия. Основные черты взаимного влияния подземных вод и мерзлых толщ, изученные А. В. Львовым, М. И. Сумгиным, Н. И. Толстихиным, П. Ф. Швецовым, А. И. Калабиным и большим числом их последователей, сводятся к следующему.

При многолетнем промерзании водоносные слои пород переходят в новое качественное состояние – криогенные водоупоры. При этом изменяются физические свойства этих пород (водопроницаемость, теплоемкость, теплопроводность и др.), в процессе фазовых превращений воды выделяются скрытые теплоты льдообразования. При оттаивании промерзших водоносных слоев происходит обратный процесс. Криогенные водоупоры могут пространственно разрывать единые гидродинамические системы в горных породах, ослаблять связь их отдельных частей, ухудшать взаимосвязь поверхностных и подземных вод. Очаги разгрузки и питания последних локализуются по таликам.

В результате многолетнего промерзания пород изменяется характер залегания и гидродинамический режим водоносных слоев: безнапорные воды становятся напорными. Напротив, при оттаивании мерзлых толщ напор подземных вод может уменьшаться или вовсе исчезать. При этом могут меняться направление и скорость движения подземных вод, их температурный режим, химический и газовый составы. Значительные массы воды в результате про-

мерзания и перехода их в лед в горных породах на длительное время исключаются из круговорота воды в природе, уменьшается емкость гидрогеологических структур. Подземные воды, в свою очередь, оказывают воздействие на тепловой режим горных пород, начиная с участков питания и кончая выходом на поверхность земли. В процессе своего движения подземные воды влияют на а) теплофизические свойства пород; б) возникновение конвективных тепловых потоков в таликах; в) перераспределение тепловой энергии в горизонтах пород ниже мерзлых толщ, меняя их температурное поле и условия развития многолетнего промерзания и оттаивания.

Соленые подземные воды и рассолы, с одной стороны, сокращают сферу развития многолетнемерзлых пород, обуславливают прерывистое по вертикали строение мерзлых толщ, когда слои мерзлых пород чередуются со слоями и линзами, содержащими минерализованные отрицательно-температурные (криогалинные) воды (криопэги, по Н. И. Толстихину); с другой стороны, они способствуют образованию более глубокой зоны охлаждения земной коры (криолитозоны) за счет возникновения естественной плотностной конвекции и уменьшения (или отсутствия) затрат тепла на фазовые переходы воды.

Подземные воды при многолетнем промерзании горных пород в значительной степени определяют криогенное строение мерзлых толщ, как эпигенетических, так и сингенетических. Они влияют на образование криогенных текстур как водоносных, так и водупорных пород, а также на особенности распределения мономинеральных залежей льда. В промерзающих водоносных слоях часто создается большое внутрипластовое давление воды, в результате чего последняя может внедряться в более ослабленные зоны пород. Напорные воды, выходя на поверхность земли, образуют наледи, а оставаясь в массиве промерзающих пород, создают скопления инъекционного льда, часто значительные по размерам.

Многократное промерзание и оттаивание водоносных горных пород может приводить к изменению их физического состояния, т.е. трещино-

тости, скважности, сложения, и тем самым менять их водно-фильтрационные свойства. В связи с этим у подошвы ММТ в скальных массивах образуется зона криогенной дезинтеграции пород.

12.2 Подразделение и характер стока подземных вод криолитозоны

Подземные воды могут занимать пространственную различное положение по отношению к мерзлым толщам и по-разному с ними взаимодействовать. В области распространения ММТ выделяют (Толстихин, 1941; Романовский, 1966) следующие категории вод:

1) надмерзлотные воды, т. е. воды, находящиеся в талых слоях, перекрывающих ММТ. Среди них выделяются воды СТС и несквозных таликов (рис. 12- А, В);

2) воды сквозных таликов, ограниченных мерзлыми породами по боковым поверхностям (рис. 12- Б, Г);

3) подмерзлотные воды — воды первого от подошвы мерзлой толщи водоносного горизонта, комплекса или трещиноватой зоны. Эти воды делятся на собственно подмерзлотные, контактирующие и неконтактирующие, т. е. находящиеся с мерзлой толщей в определенном взаимодействии (рис. 12- И), и неконтактирующие глубинные, влияние которых на мерзлую толщу из-за большой глубины их залегания не проявляется (рис. 12- З);

4) межмерзлотные воды — воды в немерзлых и талых слоях, ограниченных сверху и снизу многолетнемерзлыми породами. Они имеют связь с другими I категориями подземных вод (рис. 12- Е);

5) внутримерзлотные воды — воды, заключенные в слоях и линзах, ограниченных со всех сторон мерзлыми породами. Они не имеют водообмена с другими категориями подземных вод (рис. 12- Д).

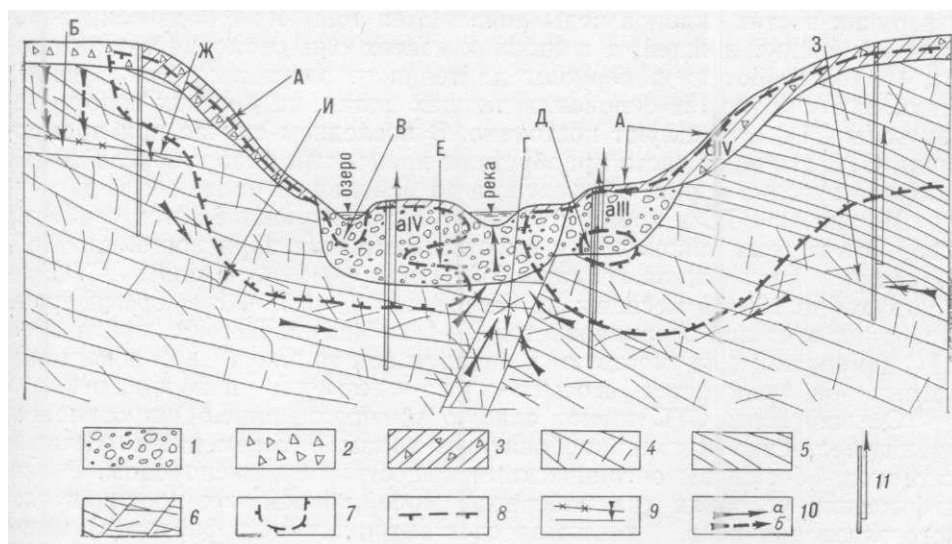


Рис. 12.1 Схема различных категорий подземных вод по отношению к мерзлым толщам: А – надмерзлотные воды СТС; Б – воды сквозного дождевально-радиационного талика; В – надмерзлотные воды под озерного несквозного талика; Г – воды сквозного подруслового талика; Д – внутримерзлотные юды; Е – межмерзлотные воды; Ж – подмерзлотные воды, неконтактирующие напорные; 3 – подмерзлотные воды, неконтактирующие напорные; И – подмерзлотные воды, контактирующие напорные; 1 – песчано-галечные отложения; 2 – щебень и дресва; 3 – щебень и дресва с супесчаным заполнителем; 4 – трещиноватые сланцы; 5 – нетрещиноватые сланцы; 6 – зона разлома; 7 – граница ММП 8 – граница СТС; 9 – уровень подземных вод; 10 – направление движения подземных вод

Воды сезонноталого слоя питаются преимущественно за счет атмосферных осадков. Подпитывание за счет таяния снежников и выходов подземных вод из более глубоких горизонтов имеет локальный характер. Большое значение в их питании имеет конденсация влаги. В обломочных отложениях СТС она составляет от 15 до 30% инфильтрационных вод. В горных районах в питании вод СТС важное значение может играть таяние гольцового льда.

Особенности существования вод в СТС зависят от темпов летнего оттаивания, мощности этого слоя, рельефа поверхности и состава пород. В верхних частях склонов воды появляются только периодически в период выпадения дождей, а в нижних частях они периодически исчезают, «срабатываются» в периоды длительного отсутствия атмосферных осадков, а у подножий склонов, в днищах долин, на плоских водоразделах воды СТС существуют постоянно. В последнем случае при промерзании СТС эти воды часто

приобретают временный напор, обуславливая сезонное пучение пород, образуя иногда небольшие наледи и т. д.

Мощность СТС и время его существования уменьшаются с юга на север, а в горных районах – с высотой местности. При постоянном обводнении вблизи южной границы ММП при $\xi_{от}$ 2-3 м воды СТС существуют до 0-11 месяцев; на севере при $\xi_{от}$ 0,1-0,8 м время существования этих вод ограничивается 2-4 месяцами. Период, когда воды СТС замерзают и не участвуют в питании вод таликов, меж- и подмерзлотных вод, называется водно-критическим периодом.

Обычно воды СТС имеют слабую минерализацию. Они относятся преимущественно к гидрокарбонатным водам с переменным составом катионов, обогащены органическими веществами и кислородом. В специфических условиях (на побережье морей, в районах континентального засоления почв, а также за счет антропогенных факторов) минерализация подземных вод может увеличиваться. Поэтому воды СТС малопригодны или совсем непригодны для водоснабжения.

Подмерзлотные воды объединяют подземные воды, весьма различные по генезису, характеру водовмещающих пород, режиму, химическому составу, интенсивности водообмена и другим признакам. Подмерзлотные воды по отношению к подошве мерзлых пород разделяются на неконтактирующие и контактирующие.

Среди неконтактирующих подмерзлотных вод можно выделить воды, обладающие напором, но отделенные от подошвы мерзлой толщи водонепроницаемыми породами, и безнапорные воды, отделенные водонепроницаемыми породами. Последний случай встречается в южных районах области распространения многолетнемерзлых пород, где дождевально-радиационные талики развиты на водоразделах. По мере удаления от таликов характерные для них колебания уровней и температур затухают в сторону участков, где воды приобретают постоянный напор.

Контактирующие подмерзлотные воды всегда обладает напором. Это относится как к пластово-поровым и пластово-трещинным водам, так и к водам поровым, трещинным, трещинно-жилиным и др. Подмерзлотные воды глубокого стока имеют постоянный в году температурный режим.

По температуре подмерзлотные воды подразделяются на имеющие: а) положительную температуру ($>0^{\circ}\text{C}$) (пресные и соленые) и б) отрицательную температуру (криогалинные, криопэги). Последние всегда являются водами солеными или рассолами. Криопэги относятся преимущественно к контактирующим, хотя встречаются и в трещиноватых зонах разрывных нарушений в массивах морозных пород.

Подмерзлотные криопэги распространены, во-первых, в артезианских бассейнах, где гидрохимическая зона пресных вод полностью проморожена, например в западной части Якутского артезианского бассейна в кембрийских терригенно-карбонатных толщах. Во-вторых, они приурочены к территориям, вышедшим из-под уровня моря в плейстоцене или примыкающим к морскому побережью. В процессе промерзания насыщенных морской водой отложений происходит увеличение концентрации и отжатие вниз соленых вод, вступающих в сложное взаимодействие с вмещающими породами и испытывающих криометаморфические изменения химического состава.

Межмерзлотные и внутримерзлотные воды по происхождению, степени минерализации и температуре разделяются на две группы.

В первую группу входят слои и линзы меж- и внутримерзлотных криопэгов, создающие с вмещающими их мерзлыми толщами термодинамически устойчивые системы. Они возникают при промерзании пород гидрохимических зон солоноватых и соленых вод с образованием слабоминерализованного льда и концентрированных незамерзающих рассолов. Чаще всего они формируются в артезианских бассейнах с маломощной зоной пресных вод и на побережье северных морей при промерзании слоистых толщ рыхлых отложений, где водопроницаемые слои (песков, галечников) насыщены солеными водами, замерзающими при низких температурах, а водоупорные слои (глин,

суглинков) засолены слабо и сегрегационные льды в них начинают образовываться уже при температурах, близких к 0°C . В период образования таких вод они обычно приобретают повышенный напор. Напротив, в периоды повышения температуры на соответствующих глубинах напор вод в межмерзлотных слоях, а особенно во внутримерзлотных линзах, уменьшается, причем в ряде случаев настолько, что воды становятся безнапорными. Происходит это вследствие растворения слабоминерализованных подземных льдов в породах, окружающих водоносные линзы рассолов.

Во вторую группу входят межмерзлотные и внутримерзлотные пластово-поровые и трещинно-пластовые воды, имеющие положительную температуру и, как правило, слабоминерализованные. Система чередующихся в вертикальном разрезе многолетнемерзлых пород со слоями и линзами талых водоносных пород с положительными температурами термодинамически неустойчива. Неизбежно должно происходить либо оттаивание реликтовой мерзлой толщи, либо промерзание межмерзлотных (внутримерзлотных) водоносных слоев. В первом случае эти воды перейдут из категории межмерзлотных в подмерзлотные, во второе – перестанут существовать в жидкой фазе.

Обычно меж- и внутримерзлотные водоносные слои образуются в результате промерзания несквозных водоносных таликов. Такой процесс может иметь как локальный, так и региональный характер. Например, в Западной Сибири, где имеет место двухслойное строение мерзлых толщ, обусловленное динамикой их развития в голоцене, воды, находящиеся в слоях и линзах пород между двумя мерзлыми толщами – верхней (современной) и нижней (реликтовой), – относятся к меж- и внутримерзлотным, имеющим региональное распространение.

Межмерзлотные водоносные линзы образуются под аласами, где несквозные подозерные талики промерзают вследствие обмеления озер. После осушения последних, когда новообразование мерзлых толщ охватывает все днище озерной котловины, возникают внутримерзлотные талики, воды в ко-

торых приобретают повышенный криогенный напор. Такие водоносные слои образуются и в днищах равнинных рек при миграции их русла.

12.3 Некоторые особенности гидрохимических процессов при промерзании и охлаждении горных пород

Промерзание и охлаждение горных пород, содержащих подземные воды, приводит к изменению минерализации и химического состава последних. Температуры, при которых происходит кристаллизация льда из гравитационных подземных вод, в зависимости от степени их минерализации изменяются от 0 до -36°C и ниже. При 0° происходит замерзание ультрапресных вод. Морская вода с минерализацией 30-35 г/кг начинает замерзать при $-1,8$, $-1,9^{\circ}$ и ниже.

Замерзание природных вод сопровождается их криогенной метаморфизацией. При этом в процессе кристаллизации воды часть солей включается в лед как в виде твердых примесей, так и в ионной форме, а другая часть отжимается в нижележащие слои, где происходит криогенное концентрирование раствора. Подземные льды всегда имеют меньшую минерализацию, чем исходный природный раствор. В процессе их таяния только часть солей, выпавших в осадок, переходит в раствор. Следствием этих процессов является криогенное опреснение природного раствора.

Криогенная метаморфизация подземных вод разной минерализации и состава происходит различно. Пресные воды, имеющие обычно в зоне свободного водообмена гидрокарбонатный кальциевый или кальциево-магниевый состав, промерзают в интервале температур от 0 до $-0,2^{\circ}$. При замерзании воды происходит потеря углекислоты, повышение рН раствора, увеличение концентрации карбонатных ионов и образование карбонатов CaCO_3 .

Соленые воды и рассолы с минерализацией от 10 до 300 г/л, обладающие хлоридным натриевым и кальциевым составом, при промерзании пре-

терпевают сложный криогенный метаморфизм в широком диапазоне отрицательных температур (от -1 до -36° С и ниже). Начальная температура криогенной метаморфизации этих вод зависит от исходной минерализации. Промерзание этих вод обуславливает образование пресных и слабосоленых подземных льдов в мерзлых породах и высокоминерализованных подмерзлотных, межмерзлотных и внутримерзлотных криогалинных вод. Вместе со льдом в твердую фазу выводятся наиболее труднорастворимые соли, выпадающие обычно в виде кристаллогидратов. Минерализация жидкой фазы возрастает за счет легкорастворимых солей.

Промерзание горных пород, насыщенных минерализованными водами, приводит к тому, что на различных этапах криогенной метаморфизации образующиеся рассолы могут обладать весьма различным составом. Повышение у нижней границы мерзлой толщи концентрации вымораживающихся солевых вод обуславливает нарушение нормальной гидрохимической зональности. В благоприятных геологических условиях низкотемпературные рассолы благодаря естественной плотностной конвекции начинают опускаться по трещинам в горах вниз, способствуя глубокому охлаждению земной коры и разгитию криолитозоны большой мощности.

Глубокое охлаждение земной коры прямо влияет на образование в недрах соединений природных газов с водой – твердых кристаллогидратов газов. Этот процесс возможен при давлениях более 100 атмосфер, т. е. на глубинах свыше 1 км, вследствие чего он обычно происходит ниже границы современной криолитозоны. На севере Западной Сибири и в Енисейско-Хатангском прогибе интервал, в котором возможно образование кристаллогидратов газов в настоящее время, имеет связь с большой мощностью мерзлых толщ, которые были развиты в этих районах в плейстоцене. Формирование кристаллогидратов газов происходит с выделением, а разрушение – с поглощением тепла, что несомненно меняет геотермические условия ниже границы криолитозоны в процессе ее геологического развития. Кроме того, образование кристаллогидратов сопровождается связыванием воды. При по-

нижении температуры на соответствующих глубинах это приводят к уменьшению пластового давления минерализованных вод, контактирующих с гидратами.

12.4 Талики, их классификация и характеристика

В области распространения многолетнемерзлых толщ мерзлотные и гидрогеологические особенности территории в значительной степени определяются распространением многолетнемерзлых и талых горных пород. Талые породы пространственно занимают различное положение по отношению к мерзлым толщам. По этому признаку можно подразделять:

1) талики или талые (таликовые) зоны, представляющие собой толщи талых пород, которые развиты ниже СМС и существуют непрерывно более года. При сплошном распространении ММП по площади обычно употребляют название «талики». При островном и массивно-островном распространении ММТ правильнее говорить о талых зонах, которые представляют собой сочетание таликов, различных по генезису. Талики и таликовые зоны, окруженные мерзлыми толщами только по боковым поверхностям, т. е. пронизывающие мерзлую толщу насквозь, называются сквозными, а подстилаемые на некоторой глубине многолетнемерзлыми породами – несквозными или надмерзлотными;

2) межмерзлотные талики – это талые и немерзлые слои, линзы, «каналы», «карманы» и тела другой формы, ограниченные многолетнемерзлыми горными породами по верхней и нижней поверхностям;

3) внутримерзлотные (замкнутые) талики, ограниченные со всех сторон мерзлыми породами.

Особое значение в гидрогеокриологии имеют талики, развитые с поверхности. Через них осуществляется питание и разгрузка вод глубокой (подмерзлотной и межмерзлотной) циркуляции; генезис таликов и характер их распространения влияют на интенсивность водообмена атмосферных, по-

верхностных и подземных вод. При мерзлотных съемках обычно используются классификации, в которых талики подразделяются по причинам их существования (типы и подтипы), гидрогеологическим особенностям (классы) и по отношению к мерзлой толще – сквозной и несквозной (виды) (табл. 12.1).

Таблица 6 Классификация таликов

Тип	Подтип	Класс				
		безводный	застойный	грунтово-фильтрационный	инфильтрационный (инфлюационный)	напорно-фильтрационный
Радиационно-тепловой	радиационный	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной	сквозной
	тепловой	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной	сквозной
	дождевально-радиационный			сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной
Гидро- (подводно-тепловой)	шельфовый (субмаринный)		сквозной несквозной		сквозной	сквозной несквозной
	подэстуарный			сквозной несквозной	сквозной	сквозной
	подозерный	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной
	подрусловой			сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной
	прирусловой (пойменный)			сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной
Гидрогеогенный (водно-тепловой)					сквозной несквозной	
Гляцио-генный		сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной
Хемогенный		сквозной несквозной	сквозной несквозной		сквозной несквозной	сквозной
Вулканогенный		сквозной		сквозной		сквозной
Техногенный		сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной несквозной	сквозной	сквозной

Причинами существования и возникновения таликов могут быть особенности радиационно-теплового баланса на поверхности земли; тепловое воздействие водных покровов; теплопривнос в горные породы, осуществляемый подземными водами; окислительные реакции в горных породах, про-

ходящие с выделением тепла; воздействие молодого вулканизма. Тепловой режим сквозных таликов определяется также потоком тепла из недр земли, т. е. зависит от геоструктурных условий. Подчеркнем, что понятие «причина», применяемое при выделении типов таликов, является в ряде случаев условным. Часто тепловое воздействие на температурный режим горных пород со стороны подземных юд бывает решающим для существования некоторых категорий таликов в двух первых типах.

Тип I. Радиационно-тепловые талики. Причиной их возникновения и существования является радиационно-тепловой обмен на поверхности земли и в приповерхностном слое, приводящий к формированию положительных температур горных пород у подошвы слоя СТС и годовых колебаний температур. Эти талики, занимая большие пространства, по существу определяют распространение мерзлых толщ по площади, особенно в пределах островного и массивно-островного распространения ММП. Среди них можно выделить три подтипа.

Радиационные талики образуются за счет большего поступления солнечной радиации на склоны южной экспозиции определенной крутизны по сравнению с горизонтальными площадками, а также при уменьшении альбедо поверхности, например в результате пожара. Породы СМС таких таликов обычно слабопроницаемы, вследствие чего инфильтрация атмосферных осадков через поверхность практически отсутствует. Ниже СМС в их толщах могут существовать различные категории вод. Такие талики характерны для районов с континентальным климатом (Забайкалье, горы Средней Азии и др.).

Тепловые талики образуются в результате комплексного воздействия ряда факторов, которые приводят к формированию положительных температур на подошве слоя СМС. Слой сезонного промерзания этого подтипа таликов обычно сложен слабопроницаемыми породами, поэтому факторами, определяющими их появление и существование, являются повышение мощности снежного покрова, уменьшение его плотности, увеличение его отепляющего влияния на участках с разной степенью заболоченности и др. Теп-

ловые талики приурочены в большей степени к районам с морским и умеренно континентальным климатом, где имеет место ветровое перераспределение снега. Однако в ряде случаев разделение радиационных и тепловых таликов становится затруднительным в силу множественности факторов, обуславливающих их образование.

Дождевально-радиационные талики образуются, когда положительная температура пород формируется под влиянием всего комплекса поверхностных условий, в том числе и притока тепла в верхние горизонты горных пород инфильтрующимися осадками. Такие талики с поверхности до глубины, превышающей мощность СМС, сложены хорошо водопроницаемыми породами. Они характерны для районов с обильными теплыми осадками и встречаются даже в южной зоне сплошного распространения ММП, особенно в пределах ровных поверхностей, сложенных крупнозернистыми породами (сухих террас, плоских водоразделов).

Тип II. Гидрогенные (подводно-тепловые) талики формируются в результате отепляющего воздействия водоемов и водотоков на температурный режим донных слоев горных пород. Температуры в донных слоях бывают или положительными (под пресными и солеными водоемами и водотоками), или отрицательными, не превышающими точку замерзания минерализованных вод (под солеными водоемами). Площади, занятые гидрогенными таликами, существенно меньше, чем площади, занятые радиационно-тепловыми таликами, но они могут существовать в суровой мерзлотной обстановке при сплошном распространении мерзлых толщ. В этом типе выделяется пять подтипов таликов.

Шельфовые (или субмаринные) талики существуют в прибрежных участках арктических морей благодаря наличию соленых морских вод, имеющих обычно отрицательную температуру. Подэстуариевые талики развиты под эстуариями и дельтами в приустьевых участках рек, впадающих в море и испытывающих его воздействие. Причиной их развития является как

отепляющее воздействие речных вод, так и влияние морских соленых вод, часто имеющих отрицательную температуру.

Подозерные талики развиты под озерами различного генезиса (в том числе и старичными) и существуют благодаря отепляющему воздействию озерных вод. В районах широкого распространения термокарстовых озер они могут занимать до 40% площади и определяют распространение мерзлых толщ. Значительная часть таких таликов в силу глинистого состава пород является безводными.

Подрусловые талики приурочены к руслам рек и ручьев и испытывают отепляющее воздействие поверхностных водотоков. Эти талики имеют большое значение при формировании гидрогеологических условий, особенно в суровой мерзлотной обстановке. Прирусловые (пойменные) талики приурочены к прирусловым отмелям, косам и низким заливаемым водой поймам и вообще к поверхностям, испытывающим временное отепляющее воздействие полых вод и временных водотоков. Отнесение этих таликов к типу гидрогенных является условным, так как они носят промежуточный характер между радиационно-тепловыми и гидрогенными таликами. Талики под низкими поймами, ложбинами стока, под малыми, а в северных районах и средними реками, поверхностный сток в которых зимой полностью отсутствует, являются периодически подводными.

Тип I I. Гидрогеогенные (водно-тепловые) талики существуют исключительно в результате напорной восходящей фильтрации подземных вод глубокой (подмерзлотной и межмерзлотной) циркуляции по тектоническим нарушениям, пластам водопроницаемых пород складчатых структур или раскарстованным зонам. Воды таких таликов разгружаются в виде субаэральных источников, дающих начало водотокам.

Тип IV. Гляциогенные талики существуют под ледниками, температура которых у ложа близка к 0°C. Породы, слагающие ложе таких ледников, находятся в талом состоянии и обычно обводнены. Воды таких таликов образуются при таянии льда за счет потока внутриземного тепла или поступают с

поверхности ледника по трещинам и промоинам в его теле. Необходимыми остаются только породы массивно-кристаллические, тектонически ненарушенные, зона экзогенной трещиноватости которых уничтожена благодаря экзарационной деятельности ледника.

Тип V. Хемогенные талики возникают в результате выделения тепла при окислительных реакциях в толще горных пород. Известны талики, приуроченные к сульфидным месторождениям и к участкам возгорания углей как в естественном залегании, так и в отвалах.

Тип VI. Вулканогенные талики существуют в районах активной вулканической деятельности под влиянием интенсивной теплоотдачи со стороны магматических очагов, выделения горячего газа, пара и вод.

Тип VII. Техногенные талики возникают в результате производственной деятельности человека. К ним относятся талики, образующиеся под зданиями с повышенным тепловыделением. Часть техногенных таликов по условиям своего возникновения и характерным особенностям укладывается в выделенные классификационные градации естественных таликов. Примером могут служить талики под искусственными водоемами, на участках, где изменен радиационно-тепловой режим поверхности земли, под угольными отвалами и т. п.

По наличию, особенностям существования и движению подземных вод выделяется 5 классов таликов.

1. Безводные талики, сложенные как водонепроницаемыми, так и водопроницаемыми породами, в которых подземные воды на всю мощность талика (т. е. до подошвы окружающих его мерзлых толщ) отсутствуют.

2. Талики с застойным режимом (застойные), в которых нет движения вод (например, под термокарстовыми озерами). Для водоснабжения застойные воды неблагоприятны в силу высокого содержания в них органического вещества и продуктов его разложения.

3. Грунтово-фильтрационные талики, в которых поток грунтовых вод движется по уклону. Такие талики в верхней части сложены водопрони-

цаемыми отложениями, а подстилаются относительно водоупорными породами. Количество и размеры грунтово-фильтрационных таликов уменьшаются по мере увеличения суровости мерзлотной обстановки: потоки грунтовых вод локализуются под руслами рек, талики становятся несквозными и, наконец, зимой они могут разобьщаться на систему изолированных ванн. Режим грунтовых вод, различен. Наиболее стабильный режим характерен для потоков грунтовых вод ниже мест разгрузки вод глубокого подмерзлотного стока. Качество грунтовых вод в таких таликах обычно хорошее.

4. Инфильтрационные (или инфлюационные) талики, в которых подземные воды имеют нисходящее, часто близкое к вертикальному направление движения по водопроницаемым пластам, трещиноватым зонам, разрывным тектоническим нарушениям, раскарстованным зонам в карбонатных породах. Такие талики являются водопоглощаемыми, и по ним происходит питание подземных вод глубокой циркуляции (подмерзлотных и межмерзлотных). Вблизи южной границы ММП инфильтрационные талики могут занимать различное геоморфологическое положение. Например, часто инфильтрационными являются дождевальными-радиационными талики на водоразделах. В суровой мерзлотной обстановке инфильтрационные (инфлюационные) талики локализуются только по руслам рек, обычно в месте пересечения долинами неотектонически активных разломов или выходов раскарстованных карбонатных пород.

5. Напорно-фильтрационные талики, в которых подземные воды имеют восходящее направление движения по дизъюнктивным нарушениям, водопроницаемым пластам в складчатых структурах, раскарстованным зонам в карбонатных породах. Эти талики являются водовыводящими для вод глубокой циркуляции. Режим, минерализация, состав вод напорно-фильтрационных таликов неодинаковы в разных гидрогеологических структурах и меняются в зависимости от особенностей вод глубокого стока. Так, в артезианских бассейнах с мощной криолитозоной (Тунгусском, Лено-Хатангском, Оленекском и др.) по ним разгружаются криопэги. При этом

состав и расходы воды не меняются в течение года. В горно-складчатых гидрогеологических областях (Верхояно - Колымской, Байкало-Чарской и др.) по таким таликам разгружаются пресные холодные и термальные воды, а дебиты источников часто испытывают значительные изменения в течение года. С выходами вод по напорно-фильтрационным таликам (гидрогеогенным, подрусловым, пойменным и др.) связаны полыньи и наледи, в том числе и гигантские.