

Задание на 24.11.2020 г. С 8 час 30 мин готовим характеристику геокриологических условий регионов, используя объяснительную записку (III раздел) к геокриологической карте и карты. В 10 час 15 мин лекция. Регионы: Восточно-Европейская АО, Западно-Сибирская АО, Восточно-Сибирская АО, Уральская ГСО, Верхояно-Чукотская ГСО, Зейско-Буреинская, Саяно-Алтае-Енисейская ГСО.

Лекция 8

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ПРОМЕРЗАНИЯ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Гидрогеологические складчатые области (ГСО) криолитозоны представляют собой сложное сочетание гидрогеологических массивов и адмассивов, разнообразных артезианских и адартезианских бассейнов, вулканогенных бассейнов и бассейнов карстовых вод. ГСО - это преимущественно горные области с низко-, средне- и высокогорным рельефом. Внутри ГСО к вытянутым хребтам приурочены ГМ и ГАМ, а межгорные котловины, представляют собой чаще всего АБ и АдАБ. Межгорные АБ и АдАБ имеют обширные внешние области питания. В пределах криолитозоны на территории России представлены различные по возрасту ГСО: 1) древнейшие докембрийские (Алданская), 2) древние палеозойские (Урал); 3) молодые мезозойские (Верхояно-Колымская); 4) самые молодые кайнозойские (Камчатская, Корякская); 5) древние, претерпевшие в мезозое и кайнозое этап тектонической активизации (Байкало-Чарская, Даурская и др.).

Влияние рельефа на климатическую и мерзлотную поясность. Для ГСО характерно наличие вертикальной природной поясности. В горных сооружениях, имеющих большую протяженность с юга на север, проявляется также широтная зональность (Урал, Верхояно-Колымская ГСО). Зональность сложно сочетается с поясностью и ее можно проследить, только сравнивая климатические, гидрологические и мерзлотные характеристики для

одинаковых высот. Вертикальная поясность неодинаково проявляется во внутриконтинентальных районах и в районах с океаническим климатом.

Во внутриконтинентальных областях изменения составляющих климата с высотой более сложные. До высоты 800—1000 м здесь проявляется инверсионное распределение температур воздуха: в долинах они ниже, чем на междуречьях. В интервале высот от 800 до 1300 м наблюдается пояс изотермии, где с высотой температура не изменяется. Для этого пояса характерно повышенное количество осадков, большие мощности снежного покрова и др. Выше 1200 – 1300 м температуры воздуха с высотой понижаются. В верхнем поясе часто наблюдается тенденция повышения осадков с высотой (главным образом за счет твердых осадков), но только до определенного предела, а выше определенных высот количество осадков начинает снижаться.

В ГСО гидрологические, климатические и мерзлотные факторы изменяются также в зависимости от ориентации гор относительно потоков влажных воздушных масс. Так, северные и западные склоны Саяно-Алтайской горной области увлажнены сильнее, чем их внутренние области.

Модули стока обычно наиболее велики в центральных частях горных сооружений. Здесь они достигают 50 л/с с 1 км². К периферии они снижаются до 10 л/с*км² и ниже. В целом гидрогеологические структуры ГСО хорошо орошаемые, сточные, промытые на большую глубину. Однако в аридных районах встречаются и бессточные котловины (например, в южном Забайкалье и в Монголии). Многолетнее промерзание меняет соотношение между поверхностным и подземным стоком в сторону увеличения первого, уменьшает промытость структур, делает сток менее зарегулированным.

2. О СОЧЕТАНИИ КРИОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР В ГСО

Сложное и разнообразное сочетание ГГС, разная степень их криогенного преобразования обуславливают многообразие вариантов влияния многолетнего промерзания на гидрогеологические условия ГСО.

1. Для ГСО, приуроченных к южной геокриологической зоне (например, в южной и центральной частях Байкальской и Забайкальской ГСО) и относящихся к низко- и среднегорным сооружениям, характерны сочетание ГМ, АБ и ВБ островного и прерывистого промерзания ниже высот 1200—1500 м. При высотах гор более 1500 м в южных и 1200 м в северных из указанных областей в верхнем поясе гор могут появляться КГМ сплошного неглубокого и глубокого промерзания.

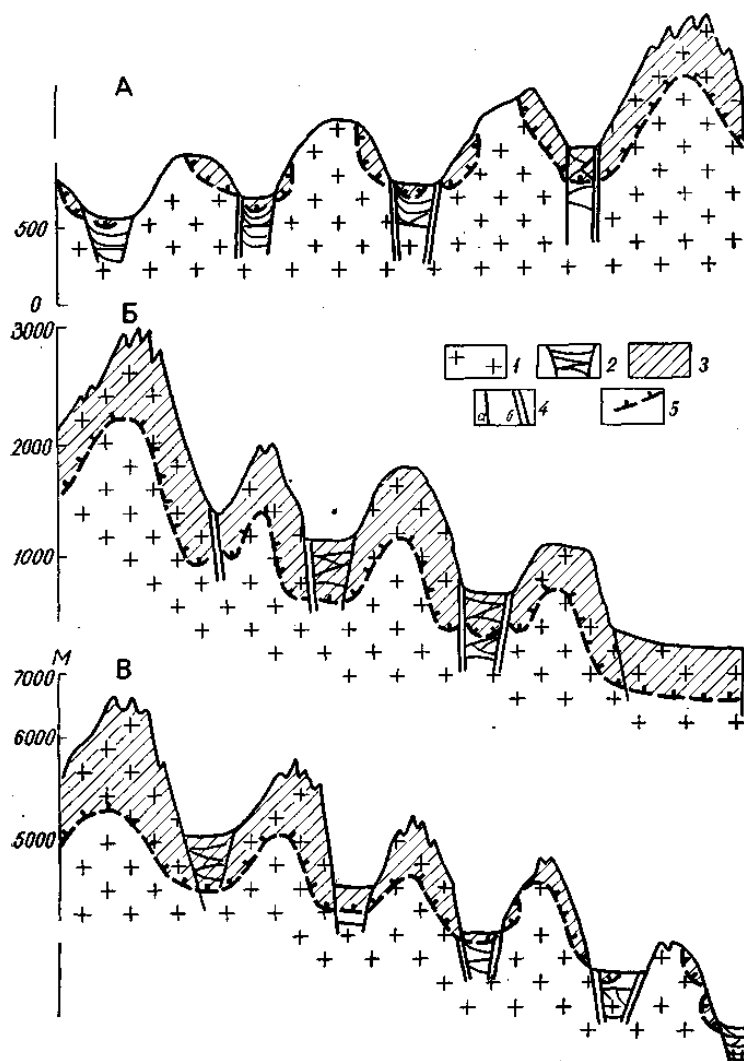


Рис. 1.1. Схема соотношения гидрогеологических структур гидрогеологических складчатых областей в южной (А), северной (Б) геокриологических зонах и высокогорных сооружениях юга Сибири и Средней Азии (В): 1 — изверженные и метаморфические, сильно литифицированные и дислоцированные осадочные породы, слагающие гидрогеологические массивы; 2 — осадочные породы, слагающие межгорные артезианские бассейны; 3 — ММП; 4 — тектонические нарушения древние (а) и омоложенные (б); 5 — граница ММП

При сочетании ГТС, показанных на рис. 1.1, А, водообмен в них ниже указанных высот обычно интенсивный. Его ослабление определяется главным образом климатическими или тектоническими факторами. Например, в засушливых районах южного Забайкалья и Монголии широко распространены замкнутые межгорные котловины, не имеющие стока, где подземные воды существенно минерализованы (Маринов, Попов, 1963; Степанов, 1980).

2. В ГСО, входящих в северную геокриологическую зону, разнообразно сочетаются КГМ сплошного неглубокого, глубокого и сверхглубокого промерзания, АБ сплошного промерзания, криоартезианских бассейнов — КАБ и криогенных постартезианских бассейнов — КПАБ (рис. 1.1, Б.). В такие ГСО могут входить также ВБ сплошного промерзания, криогидрогеологические структуры, образовавшиеся при полном промерзании вулканоганного чехла, а иногда промороженные бассейны карстовых вод - БКВ. К числу таких ГСО относятся Верхояно-Колымская, северная часть Байкальской и Забайкальской, Чукотская, Корякская и др. Интенсивность водообмена в разных частях таких ГСО (связь между входящими в них структурами) определяется не только водными свойствами слагающих их пород, рельефом, мощностью криогенных водоупоров, но и активностью новейших движений, а в некоторых случаях влиянием оледенений этих областей.

3. В ГСО высокогорных сооружений юга Сибири к наиболее высоким частям приурочены КГМ и КГАМ сплошного сверхглубокого (на высотах свыше 4500—5000 м) и сплошного глубокого (на Алтае, в Восточном Саяне) промерзания. С понижением абсолютных высот местности их сменяют КГМ сплошного неглубокого промерзания и ГМ прерывистого и островного промерзания (рис. 1.1, В). Аналогичным образом меняется и промороженность АБ и АдАБ. К наиболее высокогорным впадинам, приурочены КПАБ, на более низких высотах их сменяют АБ (АдАБ) сплошного промерзания, ниже - АБ

прерывистого и островного промерзания. На Алтае ниже высот 2600—3000 м, криогенные водоупоры в ГГС в настоящее время практически отсутствуют.

Интенсивность водообмена в структурах пояса сплошного промерзания пород зависит от степени их раскрытости новейшими и омоложенными разрывными нарушениями.

3. ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СОБЫТИИ НА МЕРЗЛОТНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Влияние динамики мерзлотных условий. Динамика развития ММП неодинаково влияет на гидрогеологические условия в гидрогеологических массивах и артезианских бассейнах, входящих в ГСО. В ГМ, ГАМ а иногда и АдАБ динамика мерзлотных условий в прошлом и их современное состояние сказываются в первую очередь на наличии зон криогенной дезинтеграции, их мощности и положении в разрезе.

В межгорных бассейнах АБ АдАБ влияние истории развития и динамики мерзлых толщ на современные гидрогеологические условия проявляется в целом сходно с АБ платформенного типа. В связи с высокой инерционностью льдистых кайнозойских отложений, входящих в состав чехла многих межгорных АБ, здесь часто наблюдается несоответствие современных температурных условий и мощностей мерзлых толщ, особенно в пределах северной зоны. Однако более высокие тепловые потоки в межгорных областях (особенно в рифтовых областях, где мощность осадочного чехла впадин наибольшая) по сравнению с платформами делают эти несоответствия менее выразительными. Реликтовые и двухслойные мерзлые толщи и межмерзлотные воды в межгорных АБ (АдАБ) достоверно не известны и не изучены, хотя имеется много непроверенных данных о том, что они встречаются во впадинах байкальского типа (в Прибайкальской ГСО) и северных впадинах ГСО Дальнего Востока.

Следы криогенной метаморфизации вод и явления, связанные с высокой степенью изоляции горизонтов и линз подземных вод в результате динамики мерзлых толщ, в межгорных АБ (АдАБ) не встречены. Скорее всего для их появления и сохранения обстановка мало благоприятна в связи с достаточно интенсивным водообменом, особенно на этапах деградации ММП.

Влияние новейшей тектоники. При изучении подземных вод в ММП горных областей Северо-Востока России П. Ф. Швецов (1951) и А. И. Калабин (1960) обратили внимание на роль разрывной тектоники в формировании гидрогеологических условий этой территории. Они установили, что разломы контролируют местоположение подрусовых и пойменных инфильтрационных таликов. В условиях сплошного распространения ММП по ним под реками идет питание подземных вод глубокого стока. Эти разломы служат важными путями движения подмерзлотных вод; с ними связаны очаги разгрузки последних. Таким образом они существенно влияют на местоположение напорно-фильтрационных таликов и связанных с ними наледей подземных вод. В суровых мерзлотных условиях наледи часто располагаются вдоль новейших и омоложенных разломов, образуя так называемые *наледные линии*. Характерно, что в местах разрывных нарушений мощность ММП сокращена по сравнению с ограниченными ими блоками. В этом проявляется контроль разрывной тектоникой мощностей ММП и путей движения вод подмерзлотного стока. В напорно-фильтрационных таликах, приуроченных к разрывам в кайнозойском песчано-глинистом чехле указанных АдАБ и КПАБ, восходящие подземные воды двигаются, пересекая пласты, в узких щелеобразных таликах. Они приобретают специфический порово-жильный характер. Происходящие сейчас новейшие подвижки обуславливают миграцию таликов и наледей, их исчезновение и новообразование — явления, типичные для ГСО, испытывающих новейшие движения и сейсмически активных.

Влияние оледенений. Значительная часть горных сооружений несет следы крупных плейстоценовых оледенений. В ледниковых долинах в

результате экзарационной и аккумулятивной деятельности ледников образовались переуглубленные-участки, разделенные между собой выступами коренного ложа - ригелями. Грубообломочные отложения, заполняющие эти переуглубления, - хорошие коллекторы вод. Благодаря высоким фильтрационным свойствам и большому количеству фильтрующихся через них вод они сохраняются в талом состоянии даже в весьма суровых мерзлотных и климатических условиях. Выступы коренного ложа создают подпор потоку грунтовых вод. Летом эти воды в нижнем конце переуглубленного участка долины трансформируются в поверхностный водоток, а зимой они образуют наледь, перекрывающую грубообломочные отложения и препятствующую их промерзанию.

Флювиогляциальные отложения в днищах межгорных впадин служат иногда хорошими коллекторами грунтовых вод. В Чарском АдАБ Прибайкальской ГСО известен массив песчаных флювиогляциальных отложений под названием урочище «Пески», где существует система дождевально-радиационных таликов и происходит накопление грунтовых вод. Эти воды разгружаются по периферии массива, образуя наледи. Ледниковые озера также нередко являются очагами питания подземных вод.

4. МЕРЗЛОТНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЯСНОСТЬ

Высотный пояс над верхней границей образования наледей в горных массивах выделяется им как *пояс гидротермической аккумуляции*. Ниже его находится *пояс инфильтрации и инфлюации*, где преобладают подрусовые талики и ограниченно развиты пойменные, а также появляются сквозные инфильтрационные талики. В этом поясе вниз по долинам увеличивается емкость таликов, интенсивнее происходят процессы инфильтрации и инфлюации поверхностных вод в аллювий и подмерзлотные водоносные горизонты и трещиноватые зоны, начинается формирование наледей.

Третий *пояс транзита и аккумуляции* подземных вод обладает оптимальным сочетанием гидрологических и гидрогеологических условий. Здесь часто представлены также сквозные подрусловые инфильтрационные и напорно-фильтрационные талики, многие из которых одну часть года функционируют в режиме поглощения, другую — напорной фильтрации.

Нижняя часть пояса транзита и аккумуляции и переход его в *пояс разгрузки* подземных вод контролируется в большинстве КГМ отметками поверхности сопряженных АБ, КНБ и КПАБ. Генетически пояс разгрузки связан со снижением уклонов долин, формированием предгорных конусов выноса, сменой состава аллювия и ухудшением его водно-фильтрационных свойств, а также устойчивым в течение года превышением пьезометрической поверхности подземных вод подмерзлотного стока поверхности земли. Ухудшение водно-фильтрационных свойств пород приводит к промерзанию пойменных таликов, сокращению размеров русловых, к переходу сквозных таликов в несквозные, а непрерывных по долинам в прерывистые, т. е. разобщающиеся зимой на систему изолированных таликовых ванн. Вместе с тем благодаря постоянному высокому напору подмерзлотных вод с полосой сопряжения КГМ и криогидрогеологических структур межгорных впадин и депрессий (а также с площадью последних) связана обычно их интенсивная разгрузка по напорно-фильтрационным таликам, обычно контролируемых разломам.

5. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ, СТОКА И РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В условиях островного и прерывистого промерзания (южная геокриологическая зона) сохраняются все характерные особенности водообмена, свойственные ГСО вне криолитозоны. Наледообразование в ГСО при островном и прерывистом распространении ММП происходит по южному и реже по умеренному типу.

В условиях сплошного неглубокого промерзания КГМ и АБ, входящих в ГСО, появляются следующие специфические особенности.

Питание и разгрузка подземных вод локализуются под долинами рек, и речные воды долин контролируют положение уровенной поверхности подземных вод в ГМ. В придолинной части эти воды становятся напорными подмерзлотными. Питание из КГМ в АБ происходит по большей части их контура, хотя основные очаги перелива приурочены к разломам. В местах перелива идет частичная разгрузка вод и образование наледей. В предгорных конусах выноса, сложенных пролювиальными грубообломочными отложениями, в толщах флювиогляциальных и аллювиальных песков и галечников в долинах горных рек и в межгорных впадинах существуют скопления грунтовых вод, образующих зимой крупные наледы.

Наледообразование происходит преимущественно по умеренному типу.

Сплошное глубокое промерзание ГГС, входящих в ГСО, приводит к коренным преобразованиям изначальных гидрогеологических условий. Важнейшей характерной особенностью является обособление друг от друга ряда криогидрогеологических структур, сопряженных между собой, утрата между ними гидравлических связей. В состав ГСО при их глубоком промерзании входят такие структуры, как КГМ сверхглубокого промерзания, КПАБ и КНБ. В ряде КГМ и КГАМ при их сплошном глубоком промерзании появляются застойные подмерзлотные, редко внутри- и межмерзлотные воды, имеющие повышенную минерализацию. В пределах КГМ, КНБ, АБ и КПАБ часто под реками распространены системы несквозных грунтово-фильтрационных таликов, разобщающиеся зимой на систему замкнутых «ванн», воды которых образуют небольшие и средние наледы. Другой важной особенностью ГСО является активное влияние новейших и омоложенных разрывов в образовании единых водообменных систем в КГМ и АБ глубокого промерзания, КНБ и КПАБ. Разломы являются основными местами питания, путями движения и очагами разгрузки вод глубокого стока и происходящими по схеме, описанной выше.

В межгорных АдАБ и КПАБ большинство источников вод глубокого стока имеют характерный режим. Максимум расхода таких источников падает на лето.

С началом водно-критического периода идет его снижение, продолжающееся до начала снеготаяния, когда расходы резко увеличиваются, что является следствием быстрого заполнения подрусловых инфильтрационных таликов в горах водами весеннего паводка. Заполнение больших объемов сдренированных пород талыми снеговыми водами с очень низкой минерализацией способствует формированию пресных и сверхпресных подмерзлотных вод в зонах, где происходит интенсивный сток, а также высокому насыщению вод газами атмосферного происхождения. В то же время вне этих зон воды часто имеют повышенную минерализацию и затрудненный водообмен.

Значительные гидравлические уклоны, небольшие расстояния между очагами питания подземных вод и их разгрузки и большие скорости движения являются причиной очень коротких циклов водообмена от 30—40 до 8—10 лет. Это делает необходимым создание природоохранных зон в районах, где происходит питание этих вод.