

Задание на 19.10.2020 г.

Важно: адрес моей электронной почты [weral0606@yandex.ru](mailto:weral0606@yandex.ru). Со всеми вопросами обращаться в рабочее время.

Работы на проверку представляем в рукописном сканированном варианте или в Word, затем после получения разрешения, размещаем в личном кабинете, предварительно переводим графику и текст в PDF.

## Лекция 5

# 5. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ МЕРЗЛОТНОЙ СЪЕМКЕ

## 5.1 Геологические исследования

Геологические исследования при мерзлотной съемке проводятся целенаправленно для выяснения влияния геолого-тектонического строения и состава пород на мерзлотные условия. При этом предполагается, что мерзлотная съемка ведется на базе ранее выполненных геологических съемок соответствующего и более крупного масштаба. Необходимым исходным материалом в этом случае должны быть геологическая и тектоническая карты и карта четвертичных отложений.

Особое внимание обращается на изучение четвертичной геологии района. В случае отсутствия необходимых данных сведения о четвертичных отложениях следует уточнять и дополнять специальными исследованиями с целью более детального изучения геолого-генетических типов отложений (гранулометрического состава и особенностей сложения рыхлых пород, их влажности, консистенции, фациальной изменчивости, минералогического состава глинистой фракции, степени разложения торфов и т. д.).

В процессе мерзлотной съемки поверхностные отложения картируются и изучаются более детально и полно, чем это имеет место при геологической съемке. С этой целью в ходе маршрутных исследований они вскрываются закопушками и мелкими шурфами на глубину 0,5—1 м, с описанием разреза и отбором проб. Общий порядок описания как рыхлых, так и коренных пород включает в себя: название породы, ее цвет; включения (форма, состав, количество); состояние (мерзлое или талое); криогенное строение; характер цементации и состав цемента; характер, размеры, размещение в пространстве пор и пустот, наличие трещин, их генезис, элементы залегания, густота, характер заполнения, состав заполнителя; сложение породы; влажность (льдистость); консистенция; поведение при переходе из мерзлого состояния в талое; наличие криогенных и посткриогенных нарушений; общая прочность массива и прочность породы в отдельных обломках; характер изменения породы по простиранию и разрезу.

Для анализа формирования мерзлотных условий в зависимости от геологического строения территории изучаются теплофизические свойства, и прежде всего теплопроводность пород по всему разрезу, включая мерзлые и подстилающие талые отложения. Различие теплопроводностей пород оказывает влияние на величину температурного градиента в пределах мерзлой зоны и на ее мощность. Характер залегания слоев с резко различной теплопроводностью влияет на распределение и величину теплопотока, идущего из недр Земли к подошве многолетнемерзлых пород, и, следовательно, мощность ММП. Так, уменьшение мощности мерзлоты отмечается над выступами кристаллического фундамента, перекрытого менее теплопроводными отложениями. В синклинальных структурах, заполненных породами с низкой теплопроводностью, наблюдается уменьшение плотности теплового потока и соответственно, увеличение мощности мерзлой зоны. Особенно резко этот эффект

проявляется при наличии угольных пластов, теплопроводность которых обычно в несколько раз ниже теплопроводности вмещающих пород.

Поэтому в геологических разрезах, составляемых для целей мерзлотной съемки, следует выделять пласты и другие геологические тела, образованные породами резко различной теплопроводностью, а также синклинальные и антиклинальные структуры, сложенные породами с выраженной анизотропией теплопроводности.

При геологических исследованиях важно изучение зон разломов, по которым поступает глубинное тепло и происходит движение подземных вод, влияющих на мерзлотную обстановку. Необходимо установить, чем представлены зоны разломов, их мощность, наличие открытых трещин и разрушенных хорошо фильтрующих пород, т.е. оценить их водопроницаемость. В некоторых случаях могут оказаться залеченными интрузиями или гидротермальными образованиями и не только не увеличивать проницаемость пород, а, наоборот, являться барьерами для потоков подземных вод.

В процессе съемки следует картировать распространение закарстованных карбонатных пород. Наличие свежих карстовых воронок с понорами, поглощающими поверхностные воды, указывает обычно на отсутствие или глубокое залегание многолетнемерзлых пород. Нередко выходы на поверхность закарстованных пород сопровождаются увеличением прерывистости и сокращением мощности ММП.

Таким образом в ходе полевых исследований должна быть уточнена геологическая основа мерзлотной карты. Обычно она состоит из двух карт: карты поверхностных отложений, слагающих сезонно мерзлый или сезонно талый слой, и карты отложений, залегающих ниже этого слоя. В случае, если коренные породы залегают не глубоко (2—5 м), первая карта является картой четвертичных отложений, а вторая — картой пород коренной основы.

## 5.2 Геоморфологические исследования

Рельеф является одним из ведущих факторов формирования мерзлотных условий и используется при их картировании. Поэтому при мерзлотной съёмке геоморфологическим исследованиям уделяется большое внимание.

Эти исследования должны решить две основные задачи:

*Первая задача* геоморфологических исследований заключается в характеристике рельефа и картографическом отображении его элементов для получения следующей информации:

1) о гипсометрии элементов рельефа с отражением их ярусности (в горных районах), об аккумулятивных и денудационных поверхностях водоразделов и речных долин (в равнинных);

2) о склонах различной крутизны и экспозиции с характеристикой развитых на них генетических типов рыхлых образований;

3) об основных мерзлотно-геологических процессах, формирующих характер поверхности рельефа.

*Вторая задача* геоморфологических исследований заключается в объяснении региональных взаимосвязей между мерзлыми толщами, и условиями рельефообразования, осадконакопления и промерзания. В этой связи с необходимо в ходе геоморфологических исследований получить:

1) характеристику по площади районов и участков региональной и локальной денудации и аккумуляции с указанием генезиса, возраста, состава и мощности развитых в их пределах пород;

2) характеристику и плановое расположение разрывных нарушений и новейших структур и их роль в формировании мерзлотно-гидрогеологических и мерзлотно-инженерно-геологических условий;

3) характеристику ведущих процессов рельефообразования в четвертичное время.

Геоморфологическое исследование территории целесообразно при любом масштабе съёмки проводить в следующем порядке:

1) изучение и выяснение общего геоморфологического фона (по мелкомасштабным геоморфологическим, геологическим и тектоническим картам и космическим фотоснимкам);

2) мелкомасштабное изучение территории с использованием фондовых и опубликованных работ, всех видов аэрофотоматериалов и проведением аэровизуальных и полевых исследований на больших территориях;

3) изучение мелких деталей рельефа на ключевых участках в крупном масштабе.

Геоморфологическая характеристика района должна обязательно содержать геологическое объяснение непосредственных и общих причин возникновения и истории развития различных форм рельефа. В этом направлении большую роль играет морфоструктурный анализ, позволяющий распознавать блоковые и складчатые морфоструктуры, обусловленные препарировкой или активной тектоникой, и т. д.

Морфоструктурный анализ районов горного рельефа включает изучение связи форм рельефа с элементами тектоники. Так, для каждого участка по геологическим картам должны быть установлены тектонические элементы, например складка, крыло складки, крупная интрузия, зона разлома и т. д. Особое внимание уделяется разрывной тектонике: замерам и подсчету трещин, раскрытости, заполнению их и т. д. При этом следует особое внимание уделить прослеживанию крупных зон, которые выражаются через эту трещиноватость, и сопутствующие явления: дробление, выветрелость, водопроницаемость и т. д.

Геоморфологический анализ и дешифрирование аэрокосмических снимков являются главными методами быстрого выявления разломов, которые затем более детально изучаются геологическими и геофизическими методами.

### **5.3 Геоботанические исследования**

Известно сколь велико влияние растительного покрова на температурный режим пород и глубины сезонного промерзания и оттаивания. Поэтому изучению растительности при мерзлотной съёмке уделяется значительно больше внимания, чем при других геологических съёмках.

Большое значение приобретает растительный покров при микрорайонировании поскольку:

1) во-первых развитие определенных растительных сообществ определяется всей совокупностью условий среды. В частности, растительный покров тесно связан с климатом и микроклиматическими условиями района, с элементами мега-, мезо- и микрорельефа, с почвообразующими породами и почвами, с грунтовыми водами, с талым или мерзлым состоянием почв и горных пород;

2) во-вторых растительный покров, активно участвующий в теплообмене между почвой и воздухом, в свою очередь, является одним из факторов формирования температурного режима грунтов как собственно теплоизолирующий слой, так и через другие факторы (снег, влажность пород и др.)

Применение геоботанического метода при проведении мерзлотной съёмки должно быть специализированным. Необходимо детальное изучение индикационных признаков и установление связей типов растительного покрова с основными элементами природной среды, и в

частности с мерзлотными условиями. Поэтому при проведении геоботанических исследований должны выделяться, изучаться и картироваться такие растительные сообщества, которые существенным образом отличаются друг от друга и характеризуют различные микрорайоны.

С помощью геоботанического метода можно решать следующие задачи:

1) изучение распространения литологических особенностей и влажностного режима горных пород и почв на основе их приуроченности к определенным элементам рельефа и произрастания на них своих определенных растительных сообществ, например, под сосняками рыхлые отложения более опесчаненные и щебенистые, т.е. водопроницаемые, а под лиственничниками – суглинистые, часто оторфованные и заболоченные;

2) изучение распространения талых и мерзлых пород на основе приуроченности одних растительных сообществ к талым породам (ива-чозения), других — к мерзлым (лиственница, березка Миддендорфа);

3) изучение глубин сезонного промерзания и сезонного оттаивания пород на основе приуроченности разных растительных сообществ к участкам с разными глубинами;

4) изучение температурного режима пород на основе приуроченности определенных растительных сообществ к участкам с определенными мерзлотными условиями. Например средние годовые температуры под сосняками выше, чем под лиственничниками;

5) изучение количественного влияния растительного покрова на формирование температуры и амплитуды ее колебания на поверхности почвы путем организации специальных наблюдений на основных типах растительных ассоциаций;

6) проведение микрорайонирования территории по характеру растительного покрова на основе его приуроченности к определенным

геолого-геоморфологическим элементам и определенным микроклиматическим условиям;

7) картирование типов сезонного промерзания и протаивания пород на основе установленных качественных и количественных зависимостей между растительным покровом и глубинами сезонного промерзания и протаивания пород, их температурного режима, влажности и литологического состава.

Достоинство геоботанического метода - его простота и доступность в наблюдениях как непосредственно в поле, при производстве аэровизуальных и маршрутных исследований и работ на ключевых участках, так и в подготовительный и камеральный периоды путем дешифрирования аэрофотоснимков. Для этой цели наиболее успешные результаты дают цветные и спектрозональные аэрофотоснимки.

Геоботанический метод позволяет также распространить установленные на ключевых участках закономерности на большие территории.

#### **5.4 Применение аэрометодов при мерзлотной съемке**

При комплексных геокриологических съёмках используются следующие основные виды аэрометодов: 1) аэровизуальные наблюдения; 2) дешифрирование плановых черно-белых, цветных и спектрозональных аэрофотоснимков; 3) дешифрирование материалов радиолокационной (радарной) съемки бокового обзора (РЛ-съёмки); 4) дешифрирование снимков инфракрасной (ИК) и радиотепловой (РТ) съёмок; 5) дешифрирование космических снимков (КС).

Аэровизуальные наблюдения проводятся с самолета или вертолета с целью широкого обзора территории съёмки и ознакомления с ее общей природной обстановкой.

Наблюдаемые явления и природные особенности территории должны быть отмечены условными знаками на топокарте, а их характеристика на магнитофонной ленте. Весьма эффективна при этом видеосъемка.

При аэровизуальных наблюдениях выясняются и уточняются следующие вопросы:

1) проводится общее ознакомление с ландшафтно-геоморфологической, геологической и мерзлотной обстановкой. При этом по маршруту облета прослеживаются соподчинение генетических поверхностей, характерные формы и уступы рельефа, фиксируются обнажения, четко выраженные зоны тектонических нарушений и отдельные нечеткие их проявления; полыньи, наледи, снежники; наблюдается характер распределения снежного покрова, характер залесенности и заболоченности; фиксируется различие рельефа, растительности и других, поверхностных условий на участках различного геологического строения, отмечаются участки развития различных видов мерзлотных явлений и одиночные их проявления и т. д.;

2) проверяются на местности основные контуры предварительной карты ландшафтного микрорайонирования или специализированной геоморфологической карты;

3) уточняются на местности предварительно намеченные ключевые участки и увязочные маршруты между ними;

4) изучаются проявления различных нарушений естественных условий территории.

Аэровизуальные наблюдения наиболее целесообразно проводить после предварительного дешифрирования аэроматериалов, а также несколько раз в течение полевого периода с тем, чтобы наблюдать такие процессы как формирование и сход снежного покрова, наледи, снежники, сезонное оттаивание и заболоченность и др.). Аэровизуальные наблюдения могут успешно применяться при всех масштабах мерзлотных съемок. Так

при средне- и мелкомасштабных— для непосредственного изучения территории съемки, при крупномасштабных— для изучения окружающей территории с целью получения представления о региональном природном и мерзлотном фоне.

*Дешифрирование аэрофотоснимков* - это раскрытие на основе видимого фотоизображения объекта его внутреннего содержания. При мерзлотных съемках проводится камеральное и полевое комплексное дешифрирование, заключающееся в получении прямой и косвенной фотоинформации об изучаемом объекте. Прямая информация может быть получена о рельефе и гидросети, о растительности и заболоченности, о мерзлотных геологических явлениях, отражающихся на поверхности, об объектах строительства и сельскохозяйственного использования территории и т. д., т. е. о тех контурах и объектах, которые непосредственно отображены на снимках. О геологическом строении и мерзлотных условиях в основном может быть получена косвенная информация — по комплексу признаков и их взаимосвязи. Основой такого сложного дешифрирования служат исследования на ключевых участках. Обычно дешифрирование проводится в несколько этапов - от простого распознавания видимых элементов до раскрытия внутреннего мерзлотно-геологического содержания. При этом каждое новое рассматривание аэроснимков под определенным углом зрения позволяет получать новое содержание, опирающееся на весь предыдущий фактический и дешифровочный материал и результаты аэровизуальных наблюдений.

Информативность аэроснимков зависит от вида аэросъемки, масштаба аэросъемки и мерзлотной изученности территории. Кроме традиционных плановых черно-белых аэрофотоматериалов целесообразно широкое применение цветных и спектральных аэрофотоснимков. Цветные аэрофотоснимки дают близкое к натурному восприятию плановое фотоизображение местности и весьма способствуют проведению полевых

работ и составлению комплекса мерзлотных карт. Спектрональные аэрофотоснимки, представляющие собой цветные контактные отпечатки со спектрональной пленки, один из слоев которой сенсублизирован к инфракрасной зоне спектра (0,7-0,8 мкм), дают возможность резкой дифференциации спектральных коэффициентов яркости различных видов древесной и напочвенной растительности, тесно связанной с условиями местообитания (почвой и подстилающими породами, влажностью; глубиной сезонного оттаивания).

Для получения максимальной информации необходимо использовать аэрофотоснимки как более крупного, так и более мелкого масштаба, чем масштаб мерзлотной съемки. Это позволяет изучить детали природных условий и их обобщенные характеристики.

*Радиолокационная (радарная) съемка.* Этот метод в отличие от аэрофотосъемки является всепогодным и по разрешаемости почти ей не уступает. Радарная съёмка основана на регистрации импульсов электромагнитных волн, пришедших от передатчика и отраженных от поверхности объекта. Глубинность этого метода составляет 10-15 м и с его помощью можно зондировать ледники, подземные льды, границы мерзлых и талых пород, подземные воды и поверхностные водоёмы.

В настоящее время при мерзлотных исследованиях иногда применяется инфракрасная съемка. Точность температурных измерений ИК-аппаратуры составляет 0,5°, что обеспечивает ей широкие перспективы при изучении природной среды.

При изучении природных объектов, в том числе и геологических широко используются космические снимки масштаба 1 : 1 000 000 и мельче, охватывающие огромные участки территории земного шара. Поэтому на них отображаются главные региональные элементы глубинного структурного плана территории, которые на обычных фотоснимках не прослеживаются, затушевываются из-за большой детальности.

Дешифрирование космических снимков имеет главным образом тектонический и морфоструктурный аспекты. Эти снимки также позволяют изучать зональное и региональное распределение растительности и снежного покрова.

В дальнейшем аэрометоды при мерзлотной съёмке будут применяться в большем объеме с использованием БПЛА (беспилотных летательных аппаратов: самолётов и квадрокоптеров) которые будут оснащены соответствующей аэрофотоаппаратурой, сканерами или видеокамерами.

## **5.5 Применение геофизических методов при мерзлотной съёмке**

Под геофизическими методами понимается комплекс методов, основанных на изучении распределения естественных или искусственно создаваемых физических полей: тепловых, температурных, электрических, акустических, радиоактивных и др. Применение этих методов ведет к увеличению производительности труда, сокращению объемов дорогостоящих и трудоемких горно-буровых работ, повышению качества исследований. Особенно велика роль геофизических методов в районах со сложными мерзлотными условиями: широким распространением таликов, резкими колебаниями мощности мерзлых толщ, наличием подземных льдов. С помощью геофизических методов могут быть решены следующие задачи:

- 1) расчленение и корреляция разрезов;
- 2) картирование талых и мерзлых пород;
- 3) определения характера залегания и мощности ММП;
- 4) изучения геотермического поля;

5) полевое определение некоторых физических свойств мерзлых и талых пород: плотности, влажности (льдистости), температуропроводности.

б) Большой вклад в разработку методики применения геофизических методов при мерзлотных исследованиях внесли А. А. Петровский, А. Т. Акимов, Б. Н. Достовалов, А. Н. Боголюбов, В. С. Якупов и др.

В настоящее время различают геофизические исследования, проводящиеся в скважинах (каротаж), наземные геофизические исследования и дистанционные, проводимые с самолетов, вертолетов, космических аппаратов.

Среди методов каротажа для мерзлотных целей наибольшее значение имеет термометрия. С её помощью определяется распределение температур в мерзлой зоне и подстилающих ее талых породах, средняя годовая температура многолетнемерзлых пород (температура в подошве слоя годовых теплооборотов), их мощность (в том случае, когда она совпадает с изотермой  $0^{\circ}$ ).

Кроме термометрии для мерзлотных целей применяется электрический, ядерный и акустический каротаж. Они позволяют судить о положении границ раздела мерзлых и талых пород, а также об изменении льдистости по разрезу, а в некоторых случаях о физико-механических свойствах пород.

Наиболее полные и достоверные сведения о характере мерзлотно-геологического разреза и свойствах слагающих его пород могут быть получены при комплексном применении перечисленных геофизических методов в сочетании с визуальным описанием керна и данными его опробования.

Из наземных геофизических методов наиболее полно разработана и широко применяется электроразведка на постоянном токе. Физической

сущностью этого метода являются изменение электрического сопротивления пород при переходе из талого состояния в мерзлое и обратно, а также зависимость сопротивления от льдистости пород. Электроразведка на постоянном токе осуществляется двумя методами: вертикальным электрическим зондированием (ВЭЗ) и электропрофилеированием (ЭП). Метод ВЭЗ применяется для решения следующих геокриологических задач:

- 1) определение наличия или отсутствия мерзлых пород;
- 2) определение глубины залегания верхней и нижней границ многолетнемерзлых пород;
- 3) изучения изменения льдистости мерзлых пород с глубиной;
- 4) выявление в разрезе мерзлой толщи высокольдистых горизонтов, пластов подземных льдов, определение глубины их залегания и мощности;
- 5) изучения особенностей геологического строения мерзлой толщи, наличия в ней различных по литологическому составу слоев.

Кроме ВЭЗ применяется частотное зондирование (ЧЗ), в котором используется переменный ток. Считается что ЧЗ обладает большей чувствительностью, чем ВЭЗ, однако опыт по его применению в мерзлотных исследованиях пока невелик.

Электропрофилеирование применяется для решения следующих задач:

- 1) картирование границ между талыми и мерзлыми породами;
- 2) изучение характера залегания верхней границы многолетнемерзлых пород и картирование участков с различной глубиной сезонного протаивания и промерзания;
- 3) выявление и картирование полигонально- жильных льдов, а также пластовых залежей подземных льдов;
- 4) картирование участков, различающихся по льдистости и составу верхних горизонтов мерзлых пород.

Эффективность применения ВЭЗ и ЭП в значительной степени определяется выбором рационального варианта их размещения и комплексирования с другими методами исследования.

Кроме электроразведки при геокриологических исследованиях используется сейсморазведка в сочетании с сейсмокаротажем. Сейсморазведка может применяться в комплексе с ЭП и ВЭЗ для установления глубины залегания мерзлых пород, изучения и картирования подземных льдов, изучения физико-механических свойств пород и льдистости. В настоящее время методика сейсморазведки применительно к мерзлотным исследованиям находится в стадии разработки.

*Дистанционные методы.* Наибольший интерес представляют методы инфракрасной (ИК) и радиотепловой (РТ) съемок, радиолокационного (РЛ) зондирования. ИК- и РТ-методы позволяют оконтуривать участки распространения мерзлых и талых пород, подземных льдов, получать данные о влажности и температуре пород. РЛ-зондирование может быть использовано для определения глубины залегания горизонтальных границ между талыми и мерзлыми породами, картирования сильнольдистых мерзлых пород и подземных льдов.

## **5.6 Горно-буровые работы при мерзлотной съемке**

Основные задачи этих горно-буровых работ:

- 1) изучение мерзлотно-геологического разреза;
- 2) определение параметров мерзлых толщ: температурного режима, мощности и характера залегания, криогенного строения, льдистости и др.;
- 3) отбор проб мерзлых и талых пород для лабораторного анализа;
- 4) создание условий для производства режимных наблюдений;

- 5) получение необходимых данных для обоснования интерпретации результатов наземных геофизических исследований и др.

Горно-буровые работы наиболее трудоёмкий и дорогостоящий вид работ, поэтому они намечаются на основе карты предварительного мерзлотного районирования изучаемой территории и данных о ее мерзлотных условиях, собранные в подготовительный период. Положение скважин и глубины бурения уточняются в ходе полевых работ с учетом данных геофизических исследований.

Картировочные скважины условно делятся на мелкие (до 50 м), средней глубины (до 200 м) и глубокие (до 500 м и более). Мелкие скважины применяются для изучения характера залегания верхней поверхности многолетнемерзлых пород, состава и льдистости верхней части мерзлой толщи, температурного режима горных пород в слое годовых теплооборотов, глубин сезонного протаивания и промерзания отложений. В зоне островного распространения многолетнемерзлых пород с помощью мелких скважин в большинстве случаев удается установить их мощность. Скважины глубокие и средней глубины носят опорный характер. Их задача пройти всю мощность многолетнемерзлой толщи и по возможности получить сведения о строении, гидрогеологических и геотермических условиях подмерзлотных горизонтов. По данным температурных измерений в глубоких скважинах судят о величине геотермических градиентов и теплового потока из недр в пределах геологических структур или крупных их частей. Это дает возможность приближенно судить о мощности многолетнемерзлых толщ по данным температурных измерений в скважинах, не достигших нижней границы вечной мерзлоты.

К глубоким скважинам обязательно привязываются все виды наземных геофизических исследований, в задачи которых входит изучение глубоких горизонтов. При проходке скважин наиболее эффективным следует считать бурение с продувкой забоя воздухом, которое обеспечивает

наименьшее нарушение естественного температурного режима горных пород и точное определение глубины вскрытия водоносного горизонта.

В ходе бурения скважин производится наблюдение за процентом выхода керна, описание керна, литологических особенностей пород, их трещиноватости и кавернозности; наблюдение за мерзлым и талым состоянием керна; описываются, фотографируются и зарисовываются криогенные текстуры пород и отдельные ледяные включения; отбор проб пород для лабораторного определения их состава, естественной влажности (льдистости), физико-механических и теплофизических свойств и других анализов; наблюдение за появлением воды в скважине и ее установившимся уровнем.

Шурфовка широко применяется для изучения различных мерзлотно-геологических явлений и связанных с ними образований: бугров пучения, курумов, солифлюкционных форм рельефа, повторно-жильных льдов. Шурфы могут быть использованы для температурных наблюдений. Для этого в стенках и забое шурфа пробиваются (или бурятся) шпурсы глубиной 0,5—1 м, в которые затем закладываются ртутные термометры или другие датчики температуры.

Ограниченность объема специальных горно-буровых работ, выполняемых в процессе мерзлотной съемки, делает необходимым широкое использование буровых скважин и горных выработок, уже имеющих на исследуемой территории или проходимых во время проведения мерзлотных исследований для иных целей. В ряде случаев целесообразно разбурить часть замерзших скважин, чтобы сделать их пригодными для температурных замеров. Если в скважине замерзли напорные подмерзлотные воды, то подошва ледяной пробки соответствует положению нижней границы многолетнемерзлой толщи. Следует тщательно документировать и опробовать разведочные и

эксплуатационные горные выработки, а также строительные котловины и выемки, вскрывающие мерзлые породы.