



ИЗУЧЕНИЕ ТЕКСТУРООБРАЗУЮЩИХ ЛЬДОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

STUDYING TEXTURE-FORMING ICES AT ENGINEERING SURVEYS IN PERMAFROST AREAS

ШАМАНОВА И.И.

Начальник сектора геокриологических исследований Института геотехники и инженерных изысканий в строительстве (ООО «ИГИИС»), к.г.н., г. Москва, mail@igiis.ru

SHAMANOVA I.I.

Head of the Geocryological Research Sector of the Institute of Geotechnics and Engineering Survey in Construction («IGIIS» LLC), PhD (candidate of science in Geography), Moscow, mail@igiis.ru

Ключевые слова:

текстурирующие льды; многолетнемерзлые грунты; льдистость; инженерные изыскания; классификация криогенных текстур; шлиры льда.

Key words:

texture-forming ices; permafrost soils; ice content; engineering survey; classification of cryogenic textures; ice schlierens.

Аннотация

В статье рассмотрены приемы изучения текстурообразующих льдов, показаны особенности основных типов криогенных текстур. Приведена предпочтительная классификация криогенных текстур скальных и рыхлых отложений, учитывающая типы грунтов, морфологию ледяных включений, параметры грунтов, обязательные для определения при проведении инженерных изысканий в районах распространения многолетнемерзлых грунтов.

При проведении инженерных изысканий в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ) одной из основных задач является определение их льдистости и криогенного строения. Лед является именно тем компонентом мерзлого грунта, который определяет изменчивость его прочностных свойств при переходе температуры через ноль градусов в область положительных значений.

Криогенная текстура относится к важнейшим признакам мерзлых грунтов и имеет большое диагностическое значение для выяснения их генезиса и способа формирования мерзлой толщи. При полевом исследовании криогенного строения грунтов наряду с определением их суммарной влажности, объемной льдистости, влажности минеральных прослоев (между ледяными включениями) большое значение имеет объективное описание криогенной текстуры на срезе (обнажении, расчистке, шурфе, скважине). При этом необходимо иметь в виду, что всегда важнее дать количественную оценку элементов криогенной текстуры (толщины шлиров льда, расстояния между ними), чем определить, к какому ее виду по той или иной классификации (часто сложной и специальной) отнести наблюдаемое строение мерзлого грунта.

Для рационального проведения инженерных изысканий в районах распространения многолетнемерзлых грунтов необходимы специальные геокриологические исследования текстурообразующих льдов. Изучение подземных льдов и криогенного строения ММГ производится на всех стадиях изысканий:

- для подготовки документов территориального планирования и документации по планировке территорий и принятия решений относительно выбора площадки строительства или варианта трассы;
- для архитектурно-строительного проектирования на этапе разработки проектной и рабочей документации объектов капитального строительства;
- при строительстве, эксплуатации, реконструкции, капитальном ремонте, консервации и сносе (демонтаже) объектов капитального строительства.

Решающее влияние на криогенное строение грунта оказывает тип формирования мерзлой толщи. По со-

Abstract

The article discusses methods of studying texture-forming ices, shows features of the main types of cryogenic textures, presents a preferable classification of cryogenic textures of rock and loose deposits taking into account soil types, ice inclusions morphology, soil parameters which are mandatory for determination at engineering surveys in permafrost areas.



отношению процессов литогенеза и промерзания различают эпигенетический и сингенетический типы [5].

При эпигенетическом формировании мерзлой толщи промерзание грунта (обычно сверху вниз) происходит после завершения его образования и частичной литификации, когда комплекс диагенетических физико-химических процессов завершился. Несмотря на один и тот же тип промерзания, мерзлые рыхлые породы существенно отличаются по криогенному строению от скальных и полускальных.

При сингенетическом формировании мерзлой толщи промерзание грунта начинается одновременно и идет синхронно (в геологическом смысле) с осадконакоплением. Приращение мерзлой толщи идет путем последовательного перехода нижней части сезонно-протаивающего слоя в многолетнемерзлое состояние по мере осадконакопления. К данному типу могут относиться только рыхлые толщи отложений. Для начала развития сингенетического промерзания необходимо, чтобы в основании накапливающихся осадков уже залежали мерзлые толщи, промерзшие эпигенетически.

Толщи многолетнемерзлых пород чаще всего являются полигенетическими и состоят из чередующихся эпигенетических и сингенетических горизонтов. Кроме того, встречаются толщи ММГ, в которых сочетаются признаки сингенеза и эпигенеза, — их также можно отнести к полигенетическим.

Криогенное строение эпигенетических и сингенетических многолетнемерзлых толщ характеризуется рядом особенностей [1].

Для *эпигенетических рыхлых многолетнемерзлых толщ* характерны следующие признаки.

1. Неравномерное распределение подземного льда по глубине. Наиболее льдистым является верхний, приповерхностный, горизонт до глубины 5–15 м (в целом он соответствует слою годовых теплооборотов). Преобладающие криогенные текстуры: слоистые (толстослоистые, рис. 1), слоисто-сетчатые, сетчатые (рис. 2). С глубиной расстояние между шлирами льда увеличивается при одновременном увеличении их толщины (до 2–3, иногда 5–7 см). На глубине 30–40 м распространены в основном крупноблочные неполносетчатые криотекстуры, а ниже (иногда до 100 м) встречаются лишь разрозненные ломаные ледяные шлиры, преимущественно массивная криогенная текстура. В некоторых случаях эта закономерная картина криогенного строения эпигенетических толщ нарушается (например, когда отмечается несколько горизонтов повышенной льдистости по всему разрезу).

2. Наличие пластовых залежей инъекционного и сегрегационного льда, образующихся в основном при промерзании толщ с водоносными горизонтами.

3. Наличие только эпигенетических повторно-жильных льдов.

4. Отсутствие погребенных льдов.

Типичные *сингенетические многолетнемерзлые толщи* характеризуются следующими признаками.

1. Относительно равномерное распределение подземного льда по глубине. Преимущественное распространение имеют тонкослоистые (с толщиной шлиров льда менее 1 см), сетчато-слоистые, сетчатые (рис. 3), а также атакситовые криогенные текстуры (толстослоистые криотекстуры, характерные для верхней части эпигенетических ММГ, как правило, отсутствуют).

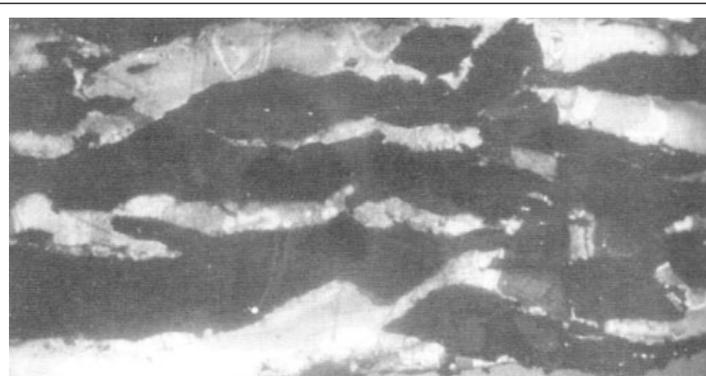


Рис. 1. Толстослоистая криогенная текстура в аллювиальных суглинках (Янская приморская низменность, фото Е.М. Катасонова)

2. Отсутствие крупных пластовых залежей инъекционного и сегрегационного льда.

3. Наличие как эпигенетических, так и сингенетических повторно-жильных льдов.

4. Эпизодическое наличие погребенных льдов.

На значительной части криолитозоны распространены мерзлые толщи, имеющие двучленное строение. В таких толщах сверху залегают горизонт сингенетических мерзлых отложений, а под ним — толща эпигенетически промерзших грунтов.

Грунты с сингенетическим типом криогенного строения вследствие своей высокой льдистости представляют наибольшую опасность для строительства. Они широко распространены преимущественно в северной части Российской Федерации, в основном к северу от геоизотермы минус 2 °С [1].

Согласно пункту 6.18 части IV СП 11-105-97 в состав технического отчета (заключения) о результатах инженерно-геологических изысканий необходимо включать сведения о криогенном строении и криогенных текстурах грунтов в плане и по глубине, о разновидностях грунтов по степени льдистости.

Изучение текстурообразующего льда в поле состоит в визуальном описании его текстуры и структуры. При проведении инженерных изысканий для целей строительства в криолитозоне первостепенное значение имеет выявление и детальное оконтуривание площа-



Рис. 2. Сетчатая криогенная текстура в ленточных глинах (район г. Игарки, фото К. Найланд)

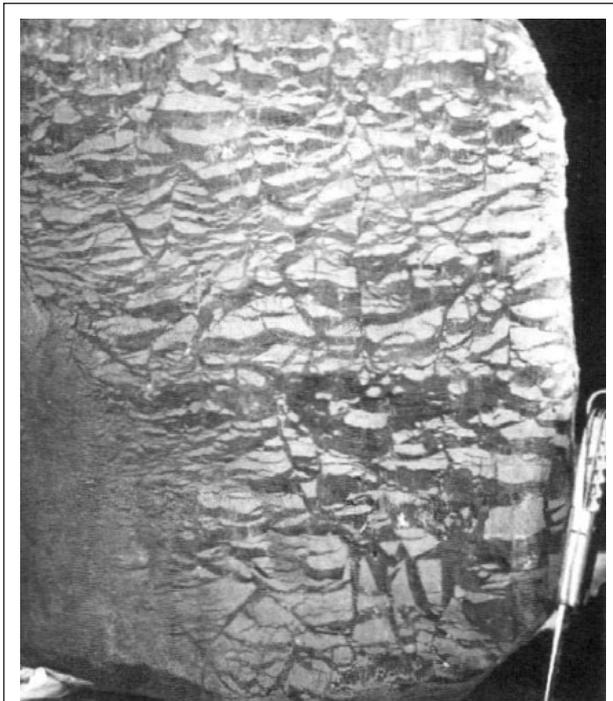


Рис. 3. Сетчатая криогенная текстура в аллювиальных заторфованных суглинках (Янская приморская низменность, фото Е.М. Катасонова)

дей с высокой суммарной льдистостью грунтов. В соответствии с приложением Б части IV СП 11-105-97 области распространения ММГ классифицируются как участки со сложными для строительства инженерно-геокриологическими условиями, оказывающими решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов. При этом необходимо руководствоваться следующим: при освоении территории наибольшую опасность на высокотемпературных участках распространения ММГ представляют не столько современные криогенные процессы, связанные с высокой льдонасыщенностью грунтов (термокарст, термоэрозия), которые легко распознаются по своеобразным формам рельефа, сколько *потенциальная возможность развития этих процессов* на участках, в пределах которых они в настоящее время

не выражены или выражены слабо, но имеются условия для их проявления — прежде всего высокая льдистость грунтов. Следует не только оконтурить высокольдистые участки, но и произвести прогнозные расчеты тепловых осадок грунтов на них при различных техногенных воздействиях.

Полевые исследования текстурообразующих льдов начинают с тщательного изучения естественных и искусственных обнажений мерзлых грунтов. Производят расчленение мерзлой толщи на горизонты, различающиеся по криогенному строению; каждый горизонт подразделяют на слои, характеризующиеся определенной криогенной текстурой. Исследования свойств грунтов производят послойно с обязательным учетом криогенной текстуры.

В соответствии с ГОСТ 25100-2011 скальные и полускальные, а также рыхлые породы (дисперсные грунты и пески) типизируются по льдистости так, как показано в табл. 1.

Криогенная текстура в мерзлых грунтах не постоянна, а видоизменяется под воздействием градиентов температуры и механических напряжений. Устоявшейся терминологии и общепринятой классификации криогенных текстур не существует.

Криогенная текстура скальных пород определяется в основном их трещиноватостью, особенностями заполнения трещин влагой и ее замерзанием. Как правило, унаследованная криогенная текстура (размеры, форма, ориентировка и пространственное расположение ледяных включений) соответствует геометрии трещин. В магматических изверженных породах (гранитах, диоритах, андезитах и др.) формируются трещинные и трещинно-жильные криогенные текстуры. В трещинах лед содержится в виде пленок, корок и скоплений кристаллов, льда-цемента рыхлого заполнителя, полностью или частично заполняя полости. Для трещинно-жильных криогенных текстур характерно более полное заполнение льдом полостей трещин, которые имеют вид хорошо выдержанных в пространстве жил.

В осадочных сцементированных породах выделяют пластово-трещинные, пластово-трещинно-поровые, пластово-трещинно-карстовые типы криогенных текстур. Размеры прослоев льда в унаследованной текстуре определяются раскрытием трещин и изменяются от долей миллиметра до десятков сантиметров. По мощности льда выделяют тонко-, средне-, толстотрещиноватые и трещинно-жильные криогенные текстуры.

Криогенные текстуры в многолетнемерзлых скальных породах образованы следующими типами льда [3]:

- инфильтрационным, возникшим вследствие инфильтрации поверхностных и подземных вод, отличающимся полизернистостью с хаотичной ориентировкой кристаллов (аллотриоморфно-зернистым);
- инъекционным, связанным с гидродинамическим внедрением воды в трещины и ее замерзанием в них (инъекционное льдообразование обычно приводит к криогенному расширению трещин и образованию сильнотрещиноватых скальных пород; возникающие при этом текстуры называются унаследовано-расширенными; инъекционный лед в крупных трещинах чаще всего прозрачный);
- цементным, характерным для трещиноватых массивов, промерзающих ниже уровня подземных вод, а

Таблица 1

| Разновидности мерзлых грунтов по льдистости | | | | |
|---|-----------------------------|--|---|------------------|
| Грунты | Разновидность по льдистости | Льдистость за счет видимых ледяных включений i_v , д.ед. | Суммарная льдистость $i_{\text{сум}}$ д.ед. | |
| Скальные и полускальные | слабольшедистые | $\leq 0,01$ | | |
| | льедистые | $0,01 \div 0,05$ | | |
| | сильнольедистые | $> 0,05$ | | |
| Дисперсные | нелъедистые | $\leq 0,03$ | - | |
| | слабольшедистые | $0,03 \div 0,20$ | | |
| | льедистые | $0,20 \div 0,40$ | | |
| | сильнольедистые | $0,40 \div 0,60$ | | |
| Пески | очень сильнольедистые | $0,60 \div 0,90$ | | |
| | слабольшедистые | - | | $\leq 0,40$ |
| | льедистые | - | | $0,40 \div 0,60$ |
| | сильнольедистые | - | $> 0,60$ | |



также для обводненных скальных пород сезонно-талого слоя;

- аблимационным (сублимационным), формирующимся вследствие замерзания парообразной влаги в более крупных трещинах, сообщающихся с дневной поверхностью или с другими источниками питания (у такого льда зернистая структура);
- миграционно-сегрегационным, встречающимся при наличии дисперсного заполнителя в скальных породах.

Криогенные текстуры рыхлых пород характеризуются большим разнообразием, что отражено в их многочисленных классификациях. Их разнообразие в природе обусловлено сложением грунта до промерзания, а также различными механизмами льдообразования в промерзающих дисперсных отложениях (сегрегационно-миграционным, напорно-миграционным, инъекционным и др.).

При проведении полевых исследований криогенного строения сезонно- и многолетнемерзлых скальных и рыхлых грунтов целесообразно использовать упрощенную классификацию криогенных текстур, разработанную в ПНИИСе и Фундаментпроекте [2] (табл. 2).

В черед существующих в настоящее время классификаций криогенных текстур в скальных и рыхлых грунтах

данная классификация является предпочтительной, т.к. она содержит весь комплекс необходимых и достаточных для полевых исследований текстурообразующих льдов сведений: перечень криогенных текстур, их морфологические особенности, типы пород, для которых они характерны, а также параметры грунтов, обязательные для определения при проведении инженерных изысканий.

Массивная криогенная текстура образуется исключительно за счет льда-цемента. Она широко распространена в природе, свойственна всем дисперсным, биогенным и скальным осадочным породам и содержит *лед-цемент в порах грунта*:

- контактный, расположенный только на контактах между частями скелета;
- пленочный, обволакивающий поверхность частиц грунта и не заполняющий значительную часть пор;
- поровый, заполняющий поры целиком.

Мерзлые грунты с массивной криотекстурой однородны, обладают наибольшим среди дисперсных пород сопротивлением внешним силам, дают наименьшие осадки при оттаивании. Лед-цемент, прочно цементирующий породу, присутствует в ней в виде многочисленных кристаллов, более или менее равномерно заполняющих пространство пор и трещин. Массивная криогенная текстура образуется:

Таблица 2

| Классификация криогенных текстур в многолетнемерзлых скальных и рыхлых грунтах (по [2] с изменениями) | | | | |
|---|--|---|---|---|
| Криогенная текстура | Описание | Основные типы пород, для которых характерна данная криотекстура | Параметры*, определяемые при изысканиях | Типичные диапазоны параметров |
| Трещинная | Лед в виде линз и прослоек сосредоточен в трещинах | Скальные магматические, метаморфические и осадочные | i_i, S_r | $S_r < 0,8; 0,8 \leq S_r \leq 1,0; i_i < 0,2$ |
| Пластовая | Лед располагается по плоскостям напластования | | | |
| Полостная | Лед приурочен к полостям | | | |
| Массивная | Невооруженным глазом не видно ледяных включений (лед-цемент) или они очень незначительных размеров и редки | Скальные осадочные | $W_{tot}; S_r$ | $S_r < 0,8; 0,8 \leq S_r \leq 1,0$ |
| | | Крупнообломочные | | |
| | | Песчаные | $W_{tot} (W_m); S_r$ | $S_r < 0,2; 0,2 \leq S_r \leq 0,8; 0,8 \leq S_r \leq 1,0$ |
| | | Пылеватые и глинистые | | |
| Биогенные | $W_{tot} (W_m)$ | $W_{tot} \leq W_p; W_p < W_{tot} \leq W_L$ | | |
| Корковая | Корки и линзы льда около крупных обломков, щебенки | Крупнообломочные | $W_{tot}; i_{tot}$ | $i_{tot} < 0,2$ |
| Базальная | Отдельные включения породы в массиве льда | Крупнообломочные | | $0,2 \leq i_{tot} < 0,4; 0,4 \leq i_{tot} < 0,6$ |
| Шлировая: слоистая, сетчатая, слоисто-сетчатая | Слои, линзы, прослойки льда, иногда пересекающиеся под разными углами и образующие на срезе более или менее правильную сетку | Песчаные | $W_{tot}; W_m; i_i$ | $i_i < 0,2; 0,2 \leq i_i < 0,4$ |
| | | Пылеватые и глинистые | | $W_{tot} \geq W_L; W_p \leq W_m < W_L; i_i < 0,2; 0,2 \leq i_i < 0,4; i_i \geq 0,4$ |
| | | Биогенные | | $i_i < 0,2; 0,2 \leq i_i < 0,4; i_i \geq 0,4$ |
| Атакситовая | Беспорядочные многочисленные включения льда | Песчаные | $W_{tot}; i_{tot}$ | $0,2 \leq i_{tot} < 0,4; 0,4 \leq i_{tot} < 0,6$ |
| | | Пылеватые и глинистые | | $0,4 \leq i_{tot} < 0,6$ |
| | | Биогенные | | $0,2 \leq i_{tot} < 0,4; 0,4 \leq i_{tot} < 0,6$ |
| Порфириовидная | Отдельные включения, гнезда, вкрапления льда преимущественно простой формы | Биогенные | $W_{tot}; i_i$ | $i_i < 0,2$ |

* i_{tot} — суммарная льдистость грунта, д.ед.; i_i — льдистость грунта за счет ледяных включений, д.ед.; W_{tot} — суммарная влажность мерзлого грунта, д.ед.; W_m — влажность минеральных агрегатов мерзлого грунта, д.ед.; W_p — влажность грунта на границе раскатывания; W_L — влажность грунта на границе текучести; S_r — степень заполнения пор льдом и водой, д.ед.

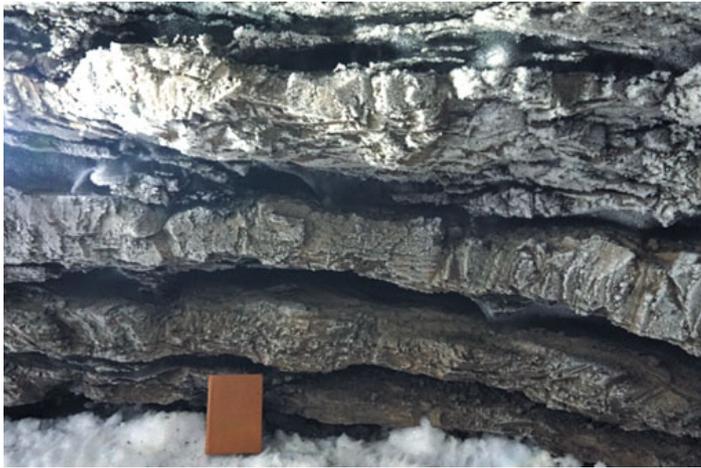


Рис. 4. Слоистая криогенная текстура в ленточных глинах (район г. Игарки, фото К. Найланд)

- при интенсивном промерзании грунтов различного состава и генезиса при отсутствии миграции влаги к фронту промерзания;
- при промерзании маловлажных «сухих» тонкодисперсных грунтов или песчаных и гравийно-галечных отложений независимо от скорости их промерзания.

Наибольший практический интерес представляют *шлировые криотекстуры*, развивающиеся в рыхлых до промерзания грунтах при сегрегационном льдообразовании. Слоистая и сетчатая криотекстуры характеризуются наличием линз и прослоек (шлиров) льда. В грунтах с сетчатой текстурой шлиры льда расположены в виде сетки, а в грунтах со слоистой текстурой — в виде шлиров, чередующихся с минеральными прослоями. По степени увеличения льдистости типы шлировых криогенных текстур располагаются в следующем ряду: слоистая, слоисто-сетчатая, сетчатая.

Слоистая текстура образуется линзовидными шлирами льда, более или менее параллельными друг другу и ориентированными в одном направлении (см. рис. 1, рис. 4, 5). В зависимости от положения шлиров она подразделяется на горизонтально-, косо- и вертикально-слоистую.

Сетчатая текстура (см. рис. 2, 3) образуется двумя взаимно пересекающимися системами шлиров и встречается в природе не менее часто, чем слоистая. Сеть шлиров льда может быть также ориентирована в пространстве вертикально, косо или горизонтально. Слои-



Рис. 5. Слоистая криогенная текстура в суглинках (Лено-Амгинское междуречье, фото С.Н. Титкова)

стая, сетчатая, слоисто-сетчатая криотекстуры, как правило, характерны для песчаных, пылеватых и глинистых, а также биогенных отложений различного генезиса (пойменных, морских, озерных, делювиально-солифлюкционных и др.).

Толщина шлиров льда сетчатой и слоистой криотекстур варьирует от долей миллиметра до десятков сантиметров.

Существуют сложные шлировые криогенные текстуры, образующиеся в результате наложения одних типов текстур на другие. В этом случае выделяются текстуры первого порядка, образованные наиболее крупными в разрезе шлирами льда, и текстуры второго и т.д. порядков, образованные шлирами меньшей толщины. Например, довольно часто встречается текстура трех порядков в эпигенетически промерзших ленточных глинах: крупносетчатая — первого порядка, среднеслоистая — второго порядка, мелкосетчатая — третьего порядка.

Базальная криогенная текстура характерна для крупнообломочных грунтов и образуется при промерзании этих отложений в условиях полного водонасыщения. В этом случае обломки грунта взвешены во льду, а лед выступает в качестве базального цемента. Промерзание приводит к образованию льдонасыщенного грунта (или слоя льда), зерна и обломки которого как бы погружены в лед и часто не соприкасаются между собой.

Атакситовая криогенная текстура характерна в основном для тонкодисперсных грунтов (минеральных и органоминеральных), в которых наблюдается сложное сочетание ледяных включений и минеральных агрегатов, взвешенных во льду. Лед в этом случае количественно преобладает над грунтом. Мощность горизонта с атакситовой криотекстурой может быть от нескольких сантиметров до нескольких метров.

Корковая криотекстура (рис. 6) свойственна крупнообломочным отложениям и образована корками и линзами льда вокруг обломов грунта. Обычно форма корок определяется формой полости, которую заполняет лед, при этом толщина включений льда колеблется в среднем от 1 мм до 1 см, редко более.

Порфириовидная криотекстура присуща биогенным грунтам с вкраплениями льда в виде отдельных зерен, гнезд, линз, толщина которых, как правило, не превышает 1 см.

В случае отсутствия естественных или искусственных обнажений в районе изысканий криогенная текстура грунта может быть ориентировочно оценена по кернам из технических скважин, которые должны проходить с диаметром не менее 108 мм с максимальным (по возможности непрерывным) выходом керна (монолита мерзлого грунта). При этом необходимо иметь в виду, что для грунтов с сетчатой криогенной текстурой определение суммарной влажности мерзлого грунта W_{tot} по керну всегда будет несколько занижено в связи с невозможностью учета льдистости за счет вертикальных шлиров льда.

Использование шнекового бурения скважин, не дающего представления о криогенных текстурах грунтов, при инженерных изысканиях в районах распространения ММГ недопустимо.

При описании криогенной текстуры грунтов в обнажениях, шурфах, скважинах следует выполнять следующие наблюдения.



1. Выделение основных горизонтов с различными криогенными текстурами по связи с составом, условиями залегания пород, стратиграфией с указанием:

- мощности горизонта, характера его распространения по площади, особенностей контактов с соседними породами (плавных переходов, резких эрозионных контактов и т.д.);
- наличия оторфованности, ожелезнения, оглеения;
- первичных текстурных особенностей породы — слоистости, сланцеватости, пятнистости, пористости, сложения (плотного, рыхлого) и т.д.;
- наличия в породе различных включений.

2. Описание криогенной текстуры выделенных горизонтов с зарисовкой, фотографированием, указанием характера, формы, условий залегания ледяных включений *и обязательно размеров последних и интервалов между ними*. При этом следует придерживаться классификации криогенных текстур, приведенной в табл. 2 (для скальных и рыхлых пород).

3. Отбор образцов для определения состава и свойств грунтов (обуславливается степенью неоднородности толщи по разрезу и простираению).

4. Выделение отдельных элементов текстуры, повторяющихся в разрезе, а также одиночных включений. Измерение элементов текстуры, расстояний между ними, пространственная характеристика условий залегания. Фотографирование участков с характерным повторяющимся видом текстуры в более крупном масштабе, чем при общей оценке.

5. Если сложный рисунок криогенной текстуры связан с двумя и более порядками текстур (например, одна внутри элемента другой), то следует отметить характер соотношения этих порядков.

6. При описании криогенной текстуры по керну из скважины следует учитывать нарушения (искажения) самого керна, возможную ошибку в оценке текстуры (тем большую, чем крупнее и сложнее текстура).

Особое значение при оценке льдистости отложений на значительных площадях или по трассам линейных сооружений имеют геофизические методы изысканий, с помощью которых можно получить вполне объективное представление не только о текстурообразующих льдах (горизонтах пород с повышенной или пониженной льдистостью), но и о размерах и распределении крупных залежей повторно-жильных льдов, пластовых залежей инъекционных и сегрегационных льдов. Исходя из внешних признаков (морфологии мезо- и микро-рельефа, характера растительных ассоциаций и др.) можно предварительно оценить инженерно-геокриологические условия площадки или трассы. Применение геофизических методов инженерных изысканий особенно необходимо в тех случаях, когда особенности криогенного строения грунтов (степень сегрегационной льдонасыщенности, наличие пластовых льдов и др.) не имеют ландшафтных индикационных признаков.

Выводы

1. Из множества классификаций криогенных текстур, существующих в настоящее время, предпочтительной является классификация криогенных текстур скальных и рыхлых отложений, учитывающая типы грунтов, морфологию ледяных включений, параметры



Рис. 6. Корковая (в верхней части рисунка) и слоистая криогенные текстуры в щебенисто-суглинистом грунте (п-ов Чукотка, фото С.Н. Титкова)

грунтов, обязательные для определения при проведении инженерных изысканий в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (см. табл. 2).

2. Основные особенности льдистости многолетнемерзлых грунтов, их криогенного строения, текстурообразующих льдов обусловлены типом формирования мерзлой толщи — эпигенетическим или сингенетическим [5].

3. При строительном освоении территории наибольшую опасность представляют высокотемпературные сильнольдистые участки, где криогенные процессы (термокарст, термоэрозия и др.) еще не проявились, но имеются благоприятные условия для их развития — прежде всего высокая льдистость грунтов. Эти участки следует оконтурить, а также произвести прогнозные расчеты тепловых осадок грунтов, оценить изменения инженерно-геокриологических условий при различных техногенных воздействиях на природную среду. ❄️

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вторин Б.И.* Подземные льды СССР. М.: Наука, 1975. 214 с.
2. *Дубиков Г.И., Аксенов В.И., Корейша М.М., Мурзаева В.Э., Познанин В.Л., Ривкин Ф.М.* Геокриологический словарь / под ред. В.В. Баулина. М.: ГЕОС, 2003. 140 с.
3. *Еришов Э.Д.* Общая геокриология. М.: Изд-во МГУ, 2002. 683 с.
4. *Катасонов Е.М.* Литология мерзлых четвертичных отложений (криолитология) Янской приморской низменности / под науч. ред. Т.Н. Каплиной. М.: Изд-во ОАО «ПНИИИС», 2009. 176 с.
5. *Попов А.И.* Мерзлотные явления в земной коре (криолитология). М.: Изд-во МГУ, 1967.