

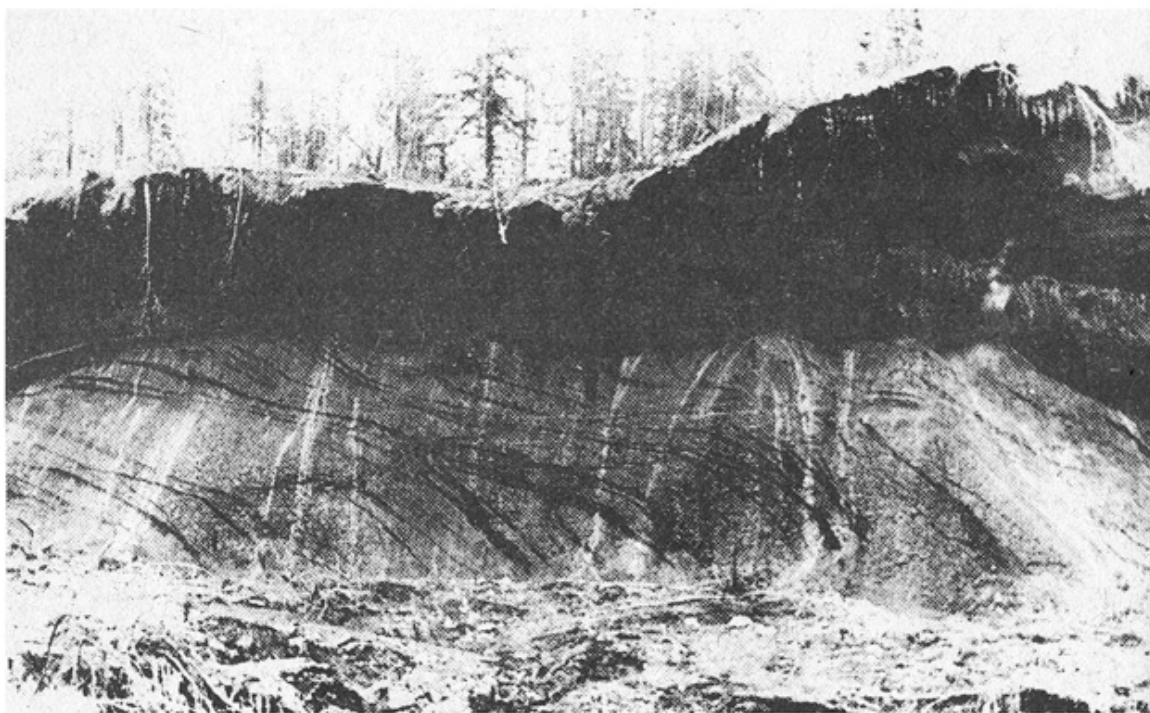
УДК 551.328.2(282.251.2-062.6)

*Н.Ф. Григорьев, Е.Г. Карпов*

### **К ПРОИСХОЖДЕНИЮ ПЛАСТОВОЙ ЗАЛЕЖИ ПОДЗЕМНОГО ЛЬДА НА Р. ЕНИСЕЕ У ШИРОТЫ ПОЛЯРНОГО КРУГА**

Приведено описание обширной залежи подземного льда, обнаруженной авторами в 1973 г. на правом берегу р. Енисея у широты Полярного круга. Приводятся доводы в пользу ледникового происхождения залежи.

В 1973 г. нами обнаружена и описана [*Карпов, Григорьев, 1978*] на правом берегу р. Енисея у самой границы Полярного круга (в 120 км южнее г. Игарки, между пос. Ермаково и Денежкино) значительная по своим размерам уникальная залежь пластового льда (рис. 1).



**Рис. 1. Пластовая залежь подземного льда в восточной части обнажения Ледяная гора на 5 июля 1973 г. (Фото Е.Г. Карпова).**

Образовавшаяся в результате термокарстово-эрозионных процессов огромная округлая впадина-термокар расположена в пределах относительно возвышенной гряды с абсолютными отметками 45-50 м. Поверхность обнажения принадлежит к так называемой каргинской террасе. Общая мощность рыхлых четвертичных отложений в районе пос. Ермаково, по данным С.А. Архипова [*1971*], достигает 150-180 м.

Продолжающиеся в настоящее время процессы вытаивания льда в крутых стенках обнажения (скорость 10-12 м/год) обуславливают расширение площади термоцирка, размеры которого осенью 1979 г. уже составили не менее 220х300 м.

По результатам многократных описаний обнажения и буровых работ на дне цирка и на поверхности террасы (вне цирка) геологическое строение верхней части террасы в районе обнажения Ледяная гора дается в следующем виде (описание сделано зимой):

1. 0,0-0,2 м. Мохово-растительный покров.
2. 0,2-2,0 м. Суглинок покровный, средний, сильнопылеватый, светло-коричневый с желтоватым оттенком, с редкими валунами, галькой и гравием, неясно слоистый, мерзлый.
3. 2,0-9,0 м. Суглинок тяжелый безвалунный, темно-серый, плотный оскольчатый, с вертикально и косо-ориентированными прослоями сегрегационного льда, неслоистый.
4. 9,0-9,1 м. Гравийно-галечный прослой с редкими мелкими древесными остатками.
5. 9,1-15,0 м. Суглинок тяжелый валунный, темно-серый, плотный, крупно-оскольчатый с вертикальными прослоями сегрегационного льда, неслоистый.
6. 15,0-18,0 м. Переслаивание ритмично-слоистых водно-ледниковых осадков (песка, глины, местами гравия и гальки с валунами).
7. 18,0-25,5 м. Лед чистый, стекловидно-прозрачный с редкими прослоями грунта, насыщенного льдом.
8. 25,5-27,0 м. Лед загрязненный, с частыми прослоями грунта.
9. 27,0-28,0 м. Глина темно-серая, валунная.
10. 28,0-29,0 м. Лед загрязненный с прослоями грунта.
11. 29,0-34,0 м. Лед чистый с редкими прослоями грунта.
12. 34,0-35,0 м. Лед загрязненный.
13. 35,0-36,0 м. Лед чистый.
14. 36,0-37,0 м. Суглинок тяжелый, темно-серый, плотный с включением галек и валунов, льдонасыщенный, с глубиной льдистость уменьшается.
15. 37,0-37,5 м. Песок мелкозернистый темно-серый с сизоватыми оттенком, хорошо промытый, слабозаиленный.

Пласт льда перекрывается толщей ледниковых отложений мощностью от 4 м на участках обнажения с куполовидными поднятиями пластового льда до 15 м и более в местах глубокого залегания пласта. Видимая мощность верхней части пластового льда в обнажении колеблется от 2 до 10 м. Общая же мощность пластовой залежи, судя по скв. 11, пробуренной в центральной части цирка, достигает 30 м (если считать горизонтальной нижнюю границу льда). Исходя из размеров площади термоцирка, пластовая залежь льда по последним данным занимает площадь около 66 000 м<sup>2</sup>, а объем залежи составляет не менее 1 млн.м<sup>3</sup>. Так как ежегодно продолжается дальнейшее расширение и интенсивное вытаивание ледяной залежи, следует ожидать в будущем увеличения размеров обнажения.

Верхняя поверхность льда очень неровная, в срединной части и по краям термоцирка (восточная, и северная часть обнажения) имеется ряд куполообразных выступов и кровля пласта льда в этих местах залегает на глубине всего лишь 4-5 м (а в редких случаях - даже 3 м) от современной поверхности террасы.

В обнажении на довольно большом расстоянии очень хорошо видна вся перекрывающая пластовую залежь толща рыхлых отложений (см. слои 2-6 приведенного выше разреза).

Местами с поверхности террасы залегают мощные (5-6 м) линзы позднеголоценовых торфяников, возраст которых по  $C^{14}$  составляет от  $1426 \pm 70$  лет (ИМ СО АН - 435) до  $4013 \pm 100$  лет (ИМ СО АН - 437). Под торфяниками вскрывается сильно льдонасыщенная толща переотложенных и вторично промерзших озерно-термокарстовых валунных суглинков с мощными и частыми прослоями линзовидных сегрегационных льдов. Некоторые расщепленные линзы сегрегационного льда достигают толщины 20-30 см, в среднем составляя 5-10 см. Следует отметить, что под торфяниками пластовая залежь подземного льда, очевидно, полностью деградировала, или залегают глубоко (20 м и более от поверхности обнажения).

Основная морена, перекрывающая ледяную залежь, представлена двумя горизонтами: верхний - безвалунный (слой 3), нижний - с содержанием большого количества эрратического валунного материала (слой 5) различной обработанности и величины (от небольших до крупных обломков). Контакт двух горизонтов морены выделяется довольно отчетливо и представлен маломощной гравийно-галечно-песчаной прослойкой (слой 4) с редкими растительными остатками (в основном кусочки и обломки древесины). Толщина этого прослойка равна 2-3, редко 5-10 см. Нижний горизонт морены во многих местах непосредственно лежит на пласту льда явно с динамическим экзарационным контактом (см. рис. 1), а на других участках залегают отчетливо динамическим контактом на водно-ледниковых горизонтально- и ритмично-слоистых (ленточная слоистость) осадках (слой 6). Морена срезает эти осадки несогласно под небольшим углом.

В разрезах нескольких скважин (1-5, 10, 11), заложенных в различных частях термокара, на одном и том же уровне вскрыт слой внутренней морены мощностью 1 м (слой 9), погребенный между двумя пластами глетчерного льда (слои 7, 8, 10-13).

Пластовая залежь подземного льда залегают на льдонасыщенных валунных суглинках (донной морене) мощностью около 1 м (слой 14). Весь комплекс ледниковых отложений залегают с очень резким контактом на хорошо промытых мелкозернистых песках темно-серого цвета с синеватым оттенком (слой 15). Эти пески представляют собой субаквальные аллювиальные отложения и имеют, по-видимому, каргинский возраст, хотя С.А. Архипов [1971] допускает их возраст казанцевским.

Лед в массе своей плотный, чистый, стекловидно-прозрачный, на гранях имеет раковистый излом. На вкус пресный. Химический анализ более 40 образцов льда показал его гидрокарбонатно-кальциевый состав. Наиболее характерной особенностью строения льда залежи является его загрязнение грунтовым материалом как в виде глинистых примесей и взвесей закономерно и равномерно рассеянных во льду, так и в виде линзовидных прослоев и пропластков грунта, образующих слоистость типа голубых лент в современных ледниковых льдах. Между грунтовыми прослоями прослеживаются полосы чистого голубоватого льда толщиной 5-10 см, которые иногда перемежаются с полосами замутненного льда молочного цвета толщиной 2-5 см. Мощность грунтовых прослоев различна: от долей миллиметра до 15 см. Часто они расположены во льду параллельно друг другу на расстоянии 2-10 см, а иногда пересекаются или веерообразно расходятся (см. рис. 1). В некоторых случаях грунтовые прослои образуют крутые, наклонные и даже лежащие складки. В общей сложности во льду наблюдаются две системы полосчатости: горизонтальная и слегка наклонная и субвертикальная до опрокинутой. Грунтовые включения во льду представлены тем же несортированным моренным материалом, что и перекрывающая пласт льда основная морена и содержат в себе черную сажистую, слегка опесчаненную глину или темно-серый тяжелый суглинок с включениями гравия, гальки, дресвы и даже мелких и средних валунов (рис. 2). Примечательно и то, что на различной глубине во льду встречены вмержшие в вертикальном положении крупные глыбы

необработанных скальных коренных пород и отшлифованных валунов в диаметре от 0,5 до 1 м. Часть эрратического каменного материала, особенно на контакте с перекрывающей мореной, имеет весьма совершенную ледниковую обработку; здесь встречаются классические небольшого размера отшлифованные ледниковые валуны типичной утюгообразной формы.



Рис.2. Деталь строения пластовой залежи с грунтовой прослойкой (суглинок тяжелый с галькой и гравием – морена). Фото Е.Г.Карпова.

По данным В.И. Соломатина, изучавшего структуру льда под полярным покровом, в одной полосе льда, расположенной между грунтовыми прослоями, лед крупнозернистый, а в другой - мелкозернистый, при этом кристаллы льда имеют изометрическую форму и аллотриоморфную структуру.

Наличие многочисленных включений грунтовых прослоев во льду и ледогрунта обусловило полосчатую текстуру пластовой залежи. Эти грунтовые и ледогрунтовые прослои расположены во льду под различными углами к кровле пласта и перекрывающим его слоям моренных отложений. Часть прослоев залегает почти параллельно кровле, но чаще они ориентированы под углом к ней вплоть до вертикального положения, срезаясь перекрывающей лед мореной.

В северной и восточной частях обнажения между участками с горизонтально-параллельным строением благодаря прослоям грунта во льду видны антиклинальные складки с амплитудой 2-3 м, одна из таких складок оказалась опрокинутой.

Наряду с выраженными формами пластических деформаций в виде антиклинальных сложной формы складок, были встречены также и системы закрытых трещин во льду, возникающих при движении отдельных блоков льда по плоскостям скалывания. Были зафиксированы относительные смещения отдельных блоков льда на 2-15 см.

Верхняя, как бы оплавленная поверхность пласта льда с перекрывающей толщей моренных отложений залегает на различной глубине от поверхности. Сверху залегает тонкий прослой хорошо отмытого, чаще всего крупнозернистого песка, с гравием мощностью от 20 см до 2 м, который местами содержит включения мелкораздробленных растительных остатков. Эти осадки, несомненно, представляют собой отложения водно-ледникового потока, относящегося ко времени деградации ледника. В восточной части обнажения над выступом льда в отложениях водно-ледникового потока в октябре 1979 г. была встречена большая линза льда с неровными краями (ширина 0,5-0,8, длина 30 м). Лед матово-белый с большим количеством пузырьков воздуха и включениями в верхней части растительного детрита (корешки и кусочки). Очевидно, происхождение этого льда следует связывать с промерзанием напорных подземных вод в грубодисперсных отложениях, т.е. с инъекционными процессами. Этот лед представляет собой, по-видимому, подземную грунтовую наледь интрузивного типа.

Криогенное строение верхнего и нижнего горизонтов основной морены и перекрывающих ее более молодых отложений весьма своеобразно. По всему разрезу можно встретить большой набор криогенных текстур - от массивной, приуроченной к песчаным прослоям, до базальной и атакситовой в торфяниках. В приконтактной зоне пластового льда и моренного суглинка и в прослоях ледогрунта наиболее часто встречается линзовидно-сетчатая текстура с преобладанием вертикальных и наклонных ледяных шпиров. Отдельные перемежающиеся между собой линзочки льда составляют в ледогрунте основной объем. Для криогенного строения перекрывающих лед горизонтов основной морены характерно наличие на их контакте прослоев чистого сегрегационного льда мощностью до 20 см.

Водно-ледниковая толща имеет, как правило, наклонно-параллельно-слоисто-линзовидную текстуру.

Наряду с горизонтальными и волнисто-залегающими слоями льда, в моренной толще довольно часто встречались жилообразные включения льда шириной 40 см при вертикальном или наклонном падении и протяженностью от 1,5 до 2,5 м. Эти часто вертикальные жильные образования не связаны с нижележащим пластом льда. Начинаясь на разном расстоянии от его кровли, они нередко пересекают оба горизонта основной морены и, не доходя 2-3 м до поверхности террасы, выклиниваются. Часто при крутом наклоне они имеют изгибы по падению. Лед в таких жилах чистый, прозрачный, без особых примесей. Контакт между жилами льда и вмещающим грунтом резкий.

Образование подобной разновидности подземного льда, по-видимому, связано также с инъекционными процессами.

Первоначально авторы предполагали, что пластовая залежь обнажения Ледяная гора возникла в результате неоднократных инъекций напорных подземных вод [Карпов, Григорьев, 1978].

Более поздние исследования этого обнажения заставили авторов изменить эту точку зрения и принять представление о ледниковом происхождении залежи.

Основанием к этому послужило наличие во льду эрратических валунов и характер захоронения льда в толще моренных осадков (валунных суглинков). Кроме

того, мощность, морфология, текстура и структура пластовой залежи льда не увязывается с представлением о его повторно-инъекционном происхождении.

Характер отложений, содержащих пластовый лед, их текстурные особенности и состав явно указывает на то, что эти отложения представляют собой основную морену, так же как и морфология, мощность и структурные особенности пластового льда говорят за то, что мы имеем дело с реликтом континентального оледенения в виде собственно глетчерного льда.

Сложнопостроенная полосчатая текстура льда, наличие во льду крутонаклонных включений грунтовых прослоев свидетельствует о дислоцированности ледяного тела. Так, очевидно, с движением льда связаны пластические деформации и флюидальное строение грунтово-ледяных прослоев во льду. Следует добавить, что волнистое залегание песчаных малоледистых прослоев как над кровлей пласта льда, так и в перекрывающей его основной морене, по-видимому, также связано с гляциодислокацией.

О том, что материковое оледенение в Западной Сибири существовало в позднечетвертичное время, считается доказанным [*Урванцев, 1931; Сакс, 1940; Троицкий, 1967; Архипов, 1971; Кинд, 1974; Земцов, 1976; Лаврушин, 1976; Каплянская, Тарноградский, 1976* и др.].

По современным представлениям [*Попов, 1953; Шевелева, 1964*] в Приенисейской части Западной Сибири в период голоценового термического максимума у широты Полярного круга сформировавшаяся в доголоценовое время толща многолетнемерзлых пород полностью протаяла, а современная - сформировалась в позднеголоценовое время. Но сохранность реликтов позднечетвертичного оледенения в этом районе показывает, что в голоцене мерзлота деградировала не полностью.

Следует отметить, что перекрывающая и подстилающая пластовую залежь льда морена отлагалась в изначально-мерзлом состоянии. Очевидно, верхняя морена претерпела протаивание в оптимуме голоцена и вторично промерзла в позднеголоценовое время. Многолетнемерзлая толща в районе существует, таким образом, по крайней мере со времени последней максимальной стадии верхнечетвертичного сарганского оледенения.

Надо полагать, что оледенение развивалось на многолетнемерзлом субстрате, в противном случае остатки глетчерного льда не сохранились бы до настоящего времени [*Каплянская, Тарноградский, 1977*].

Исходя из изложенного, намечается следующая схема развития гляциальных и криогенных процессов.

1. Многолетнемерзлые породы в этом районе существовали до начала оледенения, реликты которого вскрываются обнажением Ледяная Гора и существуют непрерывно до настоящего времени, за исключением периода среднеголоценового максимума, когда в верхних горизонтах мерзлота частично деградировала и во второй половине голоцена вновь восстановилась.

2. Встреченная на широте Полярного круга на р. Енисее залежь пластового льда является реликтом материкового оледенения, покрывавшего данную территорию в послекаргинское время. В погребенном состоянии сохранилась лишь самая нижняя мореносодержащая придонная часть ледника, а основная верхняя его часть полностью растаяла.

3. Для остатков глетчерного льда характерно проявление дислокаций как пластического, так и глыбового характера, обусловивших сложную текстуру льда.

4. В процессе деградации оледенения, сопровождавшегося периодическим сокращением его площади поверх ледяной залежи, сформировалась основная и абляционная морены из двух горизонтов.

5. Криогенное строение ледникового комплекса характеризуется широким набором криогенных текстур, среди которых преобладают сегрегационные слоисто-сетчатые текстуры и флювиальное строение в прослоях ледогрунта. Встречены также субвертикальные виллообразные ледяные тела, находящиеся вне связи как с пластовой залежью, так и с поверхностью террасы. Образование этих «глухих» жил, по-видимому, связано с проявлением инъекционных процессов.

6. Установление глетчерного генезиса погребенного пластового льда в обнажении Ледяная гора позволяет скорректировать во времени этапы и условия наземного и подземного оледенения, что в свою очередь расширяет представления о характере и истории развития криолитозоны на севере Западной Сибири.

7. Погребение и сохранение остатков глетчерного льда в обнажении Ледяная гора произошло в исключительно благоприятных условиях развития особого типа гляциокриолитогенеза; тем самым доказывается взаимосвязь и сосуществование древних многолетнемерзлых пород и наземного оледенения.

8. Близкое залегание к дневной поверхности кровли остатков глетчерного льда в районе Ледяной горы объясняется благоприятным сочетанием следующих природных условий: 1) погребением в период неполной дегляциации мощного пласта льда плотными моренными суглинками, обладающими теплоизолирующими свойствами; 2) сравнительно суровыми климатическими условиями, позволившими сохраниться в период потепления в изначально мерзлом состоянии части моренных отложений с последующим промерзанием во второй половине голоцена оттаявшей ее части.

9. Можно предположить, что находка погребенных глетчерных льдов, по-видимому, в данном районе не единичный случай. Так, например, в 25 км ниже по течению р. Енисей, на том же правом берегу, напротив устья р. Полой встречен заросший термоцирк размером 100x150 м, содержащий на глубине около 5 м со дна термокара пластовую залежь подземного льда, очевидно, также глетчерного происхождения. В аналогичных благоприятных мерзлотно-геологических условиях погребения пластовые льды можно встретить и на левобережье р. Енисей южнее широты Полярного круга.

## Литература

*Архипов С.А.* Четвертичный период в Западной Сибири. - Новосибирск: Наука, 1971. - 331 с.

*Земцов А.А.* Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная части). - Томск: Томс. ун-т, 1976. - 343 с.

*Каплянская Ф.А., Тарноградский В.Д.* [Реликтовые глетчерные льды на севере Западной Сибири и их роль в строении районов плейстоценового оледенения криолитозоны](#) // Докл. АН СССР. 1976. Т. 231. № 5. С.1185-1187.

*Каплянская Ф.А., Тарноградский В.Д.* К проблеме образования залежей реликтового глетчерного льда и сохранения изначально мерзлых морен // Изв. ВГО. 1977. Т. 109. Вып. 4. С. 314-319.

*Карпов Е.Г., Григорьев Н.Ф.* Мощная пластовая залежь подземного льда на Енисее у широты Полярного круга. // Мерзлотные исследования. Вып. XVIII. М.: Изд-во МГУ, 1978. С.149-156.

*Кинд Н.В.* [Геохронология позднего антропогена по изотопным данным](#). - М.: Наука, 1974. - 254 с.

*Лаверушин Ю.А.* Структура и формирование основных морен материковых оледенений. - М.: Наука, 1976. - 254 с.

*Попов А.И.* Вечная мерзлота в Западной Сибири. - М.: Изд-во АН СССР, 1953. - 230 с.

*Сакс В.Н.* [Некоторые данные о вечной мерзлоте в низовьях Енисея](#). - Проблемы Арктики, 1940, № 1, с.62-79.

*Троицкий С.А.* [Новые данные о последнем покровном оледенении Сибири](#) // Докл. АН СССР. 1967. Т. 174. №6. С. 1409-1412.

*Урванцев Н.Н.* Следы четвертичного оледенения центральной части Севера. - Труды ГГРУ, 1931, вып. 113.

*Шевелева Н.С.* О генезисе и возрасте вечномерзлых четвертичных отложений в районе г. Игарки. - В кн.: Проблемы палеогеографии и морфогенеза в полярных странах и высокогорье. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964, с.85-97.

**Ссылка на статью:**



*Григорьев Н.Ф., Карнов Е.Г.* **К происхождению пластовой залежи подземного льда на р. Енисее у широты полярного круга.** - В кн.: Пластовые льды криолитозоны. Якутск: ИМ СО АН СССР, 1982, с. 62-71.