

А.И. ГУСЕВ

## К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ ИСКОПАЕМЫХ ЛЬДОВ

В предлагаемом очерке представлен фактический материал, собранный автором в 1934-37 и 1949-50 годах на Таймырском полуострове и в прибрежной зоне Лено-Янской области. На основании анализа форм поверхностного рельефа, характера включений льда в толще мерзлых грунтов и процессов формирования и погребения снежников, озерного льда и прочего в современных климатических условиях, мы попытаемся подойти к решению вопроса происхождения ископаемых льдов и показать их значение в практической деятельности человека.

Статья не охватывает всего разнообразия ископаемых льдов со стороны их генезиса, почти не касается деталей самого процесса формирования ледяной залежи, а заостряет внимание на явлениях, которые свойственны областям преимущественного развития ископаемых льдов.

Наибольшим развитием ископаемые льды пользуются в выделенной нами [Гусев, 1936, 1936а, 1938, 1938а, 1938б, 1938в] области мерзлотного рельефа, характерной особенностью которой является наличие, среди нормально осадочных пород под растительным покровом тундры (и под лесом), различной формы залежей льда, а в нем разнообразных земляных включений (жилы, линзы, пласты, неправильные тела). Как здесь, так и во всех аналогичных случаях, рыхлые породы подразумеваются в мерзлом состоянии. В современных климатических условиях весь этот комплекс осадков при своем разрушении создает оригинальный поверхностный рельеф, не свойственный другим областям.

Описываемые ниже явления пользуются широким распространением по всему северному побережью Восточной Сибири и на прилегающих к ней островах.

Мощность ископаемого льда достигает 50 м [Еромолаев, 1932], прослеживаясь в береговых обрывах на многие километры. Лед залегает не сплошной массой, а обычно чередуется с участками мерзлых песчано-глинистых грунтов. Большие толщи льда, как правило, приурочены к современным или древним речным долинам (Быковский полуостров) и на водоразделах и возвышенностях не встречаются.

По побережью Ледовитого океана и на его островах среди ископаемых льдов наблюдаются земляные включения, сильно усложняющие нормальный разрез и приуроченные к самым верхним горизонтам вечной мерзлоты. Преобладающей формой включений будут U-образные (в поперечном сечении) земляные тела (рис. 1, А), всегда располагающиеся широкой частью непосредственно под торфяным покровом тундры, отделяясь от него обязательным прослойком (5-6 см) пелитового материала.

Нередко изолированные земляные включения среди сплошных масс льда имеют неправильную овальную форму и их нижняя граница располагается, как правило, на одном уровне с U-образными земляными телами (рис. 1, Г). И в тех и в других песчано-глинистые осадки наложены горизонтально, но у краев слои загнуты круто вверх, следуя

контакту со льдом. Совершенно нет никакой последовательности в напластовании осадков различного механического состава и каждый разрез любого земляного тела среди льда строго индивидуален.

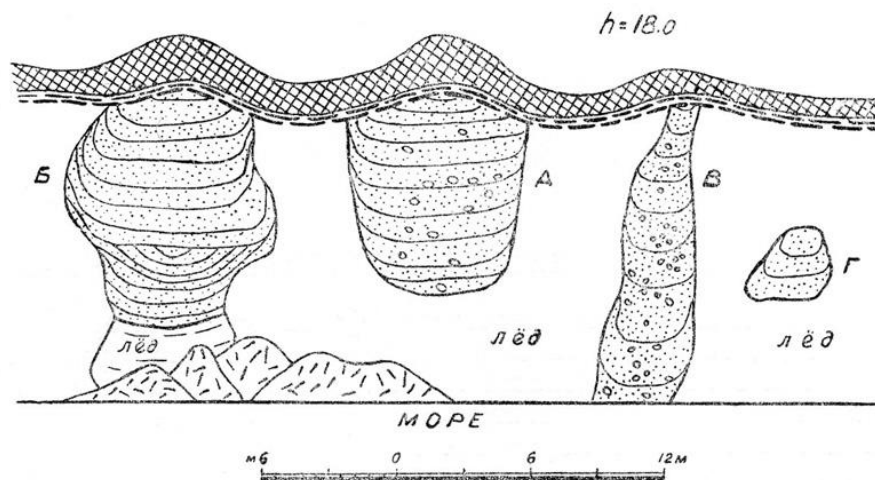


Рис. 1. Схема строения области мерзлотного рельефа.

Как показали полевые наблюдения, описанные земляные тела являются промоинами в ископаемом льде, заполненными грязевыми потоками, причем размыв ископаемого льда текущими водами происходил как с поверхности тундры, так и внутри льда по «подземным» руслам потоков. Естественно, что в зависимости от плоскости разреза и положения погребенных русел среди льда или среди минеральных осадков, в береговых обрывах должны встречаться «включения» весьма сложных очертаний.

Связь описанных образований с морозными трещинами на поверхности тундры не вызывает сомнений и подтверждается многочисленными исследователями. Нами зафиксирован на о. Муостах спуск озера зимой по морозной трещине, причем сплошность мохового покрова тундры осталась ненарушенной.

По имеющимся данным ширина морозных трещин не превышает 10-12 см и, в зависимости от условий, их глубина будет определяться уровнем замерзших в трещине вод близлежащего водоема (местным базисом эрозии). Этим можно объяснить наличие прозрачного льда в нижней части трещины (о. Муостах, п-ов Быковский, р. Омолой), тогда как выше, с резкой границей, лежит непрозрачный пузыристый лед грязно-желтой окраски, иногда с неориентированной беспорядочной слоистостью. Обычно над возникшей трещиной торфяной покров тундры желобообразно прогибается. Стекающие по желобу воды в конце концов находят себе сток в трещину и, падая вниз, как в колодец, разрабатывают себе на определенной глубине русла. Со временем эти русла нацело заполнятся грязевыми выносами, и, в зависимости от условий, в поперечном сечении мы будем иметь либо вертикально ориентированный «колодец» - жилу либо овальное земляное тело (рис. 1, В, Г). Во всех случаях слои будут лежать горизонтально. Усложняющим моментом являются образование в трещинах ледяных и грязевых пробок, частичное заполнение промоин снегом, инеем и проч.

Для образования U-образных промоин достаточно незначительных повреждений в дерновом покрове тундры, способствующих быстрому размыву подлежащих грунтов и льда. В составе осадков промоин преобладает алевропелитовый, реже песчано-глинистый материал с обломками корней и стеблей растений, с обрывками дерновины, с костями, реже трупами крупных млекопитающих.

Слоистость осадков в промоине горизонтальная, всегда загнута вверх по бортам (намерзание на стенках). Часто внутри промоины наблюдается несогласие в наложении осадков, свидетельствующее о повторном размыве уже заполнившегося русла (рис. 1, Б).

В свое время нами была опубликована заметка [Гусев, 1938a] о тетрагональной отдельности на поверхности тундры и высказывалось предположение, что для образования взаимно перпендикулярных трещин обязательно наличие бровки берега или обрыва. В настоящее время это предположение надо признать ошибочным.

Летом 1949 и 1950 гг. в дельте р. Лены и севернее с. Булун мы наблюдали с самолета повсеместное развитие тетрагональной отдельности, в которой четырехугольные озера и мочажины между трещинами с бортовыми валиками располагаются по концентрическим кругам (рис. 2). По соседству нет ни открытых водоемов, ни обрывов. Указанная отдельность не распространяется за четкие контуры нацело заросшего озера. Тут же, как и всюду в тундре, на речных террасах (безлесных) одна из систем трещин строго следует изгибам реки или старицы. Это позволяет утверждать, что тетрагональная отдельность свойственна исключительно поверхностям, освобождающимся из-под воды постепенно в результате боковой миграции потока, или полного зарастания водоема.

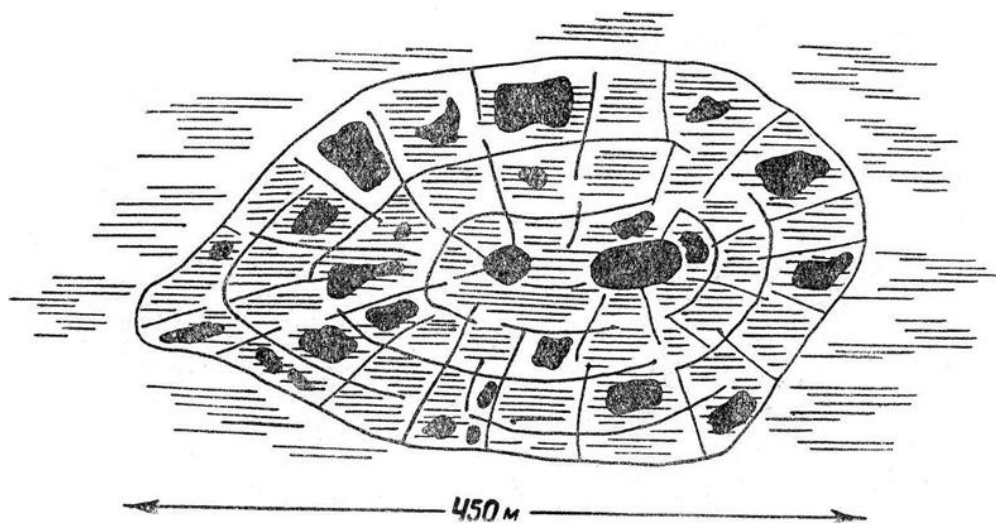


Рис. 2. Тетрагональная отдельность на поверхности погребенного и заросшего озера.

В обрывах восточного берега губы Буор-Хая, и в разрезах подмытых террас р. Омолая и его притоков среди рыхлых осадков отчетливо выделяются ледяные «клинья», расположенные друг от друга на расстоянии от 4-5 м до 20-25 м. Средняя высота «клиньев» 5-6 м, в отдельных случаях более 10 м; широкое основание всегда располагается под покровным торфяником тундры, отделяясь от него обязательным прослоем (2-10 см) тонкого иловатого материала.

Форма ледяных «клиньев» самая разнообразная: то это правильный узкий клин, то изогнутый в виде буквы S, иногда в вершине раздваивается, или расширяется до несоответственных размеров в верхней части (основании). В последнем случае слоистость вмещающих осадков нередко круто загнута вверх. Если ледяной «клин» располагается среди погребенного торфяника, то вдоль контакта льда и торфа всегда имеется зона (0.1-0.5 м) алевропелитового бесструктурного материала. На поверхности тундры ледяным «клиньям» соответствуют трещины, образующие тетрагональную отдельность.

Современный размыв террасы (рис. 3) происходит, как правило, по вогнутой линии, а потому в плоскость естественного разреза ледяной «клин» будет проектироваться под любым углом к простираению трещины - от 0° до 90°. Другими словами, в обрыве мы будем иметь все переходные формы, начиная от правильного клина и кончая сплошной массой ископаемого льда, если срез пройдет по трещине (рис. 4). В силу ограниченной ширины вскрытого по простираению ледяного «клина», на фоне льда могут оказаться неправильной формы земляные тела в местах неровностей стенок трещины.

Непосредственными наблюдениями устанавливается, что величина ледяного «клина» больше, если в составе террасовых осадков преобладает торф. При отсутствии торфа ледяные «клинья» находятся как бы в зародыше, а при песчано-галечниково-щебневом составе грунтов - вовсе не образуются. Тетрагональная отдельность приурочена только к ровным, или слегка наклоненным террасовым поверхностям и на водоразделах до сих пор не обнаружена. Все ледяные «клинья» данной террасовой поверхности погребены под одним и тем же торфяным покровом, как если бы все они возникали и захоронились одновременно, т.е. процесс явно невозможный.

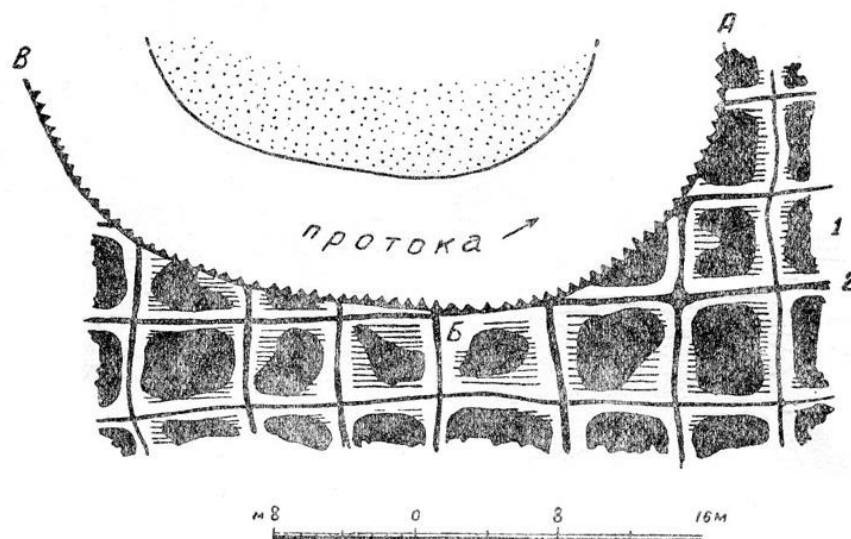


Рис. 3. Тетрагональная отдельность на поверхности террасы.

1—озерки и мочажины; 2—морозные трещины, выполненные льдом.

До сих пор нигде не зафиксировано наложение одной системы трещин тетрагональной отдельности на другую, как и пересечение их одиночными морозными трещинами и ледяными жилами. По-видимому, образование тетрагональной отдельности в какой-то мере страхует данную поверхность от возникновения новых трещин. Вернее, образование последних несомненно имеет место, но по старым направлениям, то есть по трещинам, уже заполненным льдом. Тем самым устанавливаемый нами рост ледяных «клиньев» будет происходить не за счет попеременного оттаивания и замерзания воды в трещине, а за счет замерзания воды в новой морозной трещине вдоль стенок старой. Этот момент, по-видимому, отражен крутым изгибом слоев по контакту льда и грунта. Высказанное предположение требует проверки в полевых условиях.

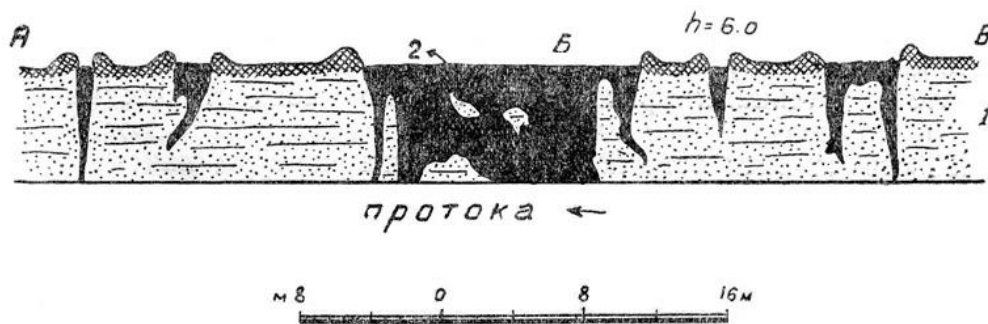


Рис. 4. Разрез к рис. 3 по линии АБВ.

1—песчано-глинистые осадки с погребенными торфяниками; 2—лед.

Из сказанного следует, что возраст тетрагональной отдельности в каждом конкретном случае будет соответствовать возрасту поверхности, на которой развита отдельность. Наши наблюдения над формированием взаимно перпендикулярных трещин на поверхности второй террасы в излучине р. Корулах-Бигаи [Гусев, 1938а] в бассейне р. Тареи (Таймырский полуостров) с несомненностью свидетельствуют, что возникновение указанных трещин связано с колебаниями уровня вод реки. Ближайшие к урезу воды трещины находятся как бы в зачаточном состоянии, но по мере удаления от воды они постепенно расширяются и углубляются, «выжимая» с обеих сторон торфяные валы (по бортам). В наиболее удаленных от водоема участках трещины предельно разрастаются и теряются среди кочкарно-бугристого рельефа тундры.

В том же направлении (от водоема вглубь берега) происходит и постепенное наращивание торфяного покрова, который при своем продвижении вслед за уходящей водой всякий раз ложится на илистый грунт на уровне полых вод. Этот момент зафиксирован обязательным присутствием в разрезе террасы иловатого прослоя под торфяным покровом.

Наличие зачаточных трещин на пляже водоема, их постепенный и непрерывный переход в нормальную тетрагональную систему и смену последней бугристо-кочкарной тундрой заставляют утверждать, что развитие взаимно перпендикулярных трещин идет непрерывно от момента их зарождения. Почти во всех стадиях этот процесс представлен в районе с. Ньяйба. Здесь за счет роста ледяных «клиньев» и сдвигания торфяного покрова (бортовых валов) образуется на месте озера или мочажины холм (до 2 м), густо усаженный высокими кочками из высыхающего и растрескивающегося покровного торфа. Происходит как бы обращение рельефа, и тетрагональная отдельность сменяется торфяными буграми, на месте четырехугольных озер, разделенными долинообразными заболоченными понижениями - на месте задернованных ледяных «клиньев».

Разнообразие форм ископаемого льда далеко не исчерпывается вышеизложенным, что особенно ярко выступает при изучении современных процессов накопления и захоронения снежных залежей. Еще в 1885 г. Л.И. Шренк, а в 1903 г. И.П. Толмачев писали, что ископаемые («каменные») льды севера Сибири произошли, главным образом, из снежных залежей. Сколько-нибудь убедительного возражения против утверждения указанных авторов до сих пор не высказывалось, а наши наблюдения подтверждают факт погребения как современных снежников, так и более древних.

Всем, побывавшим в Арктике, хорошо известна сила ветра и производимая им работа по переносу различного материала (песок, камни, снег, растительные остатки и проч.). Переносимый снег задерживается с подветренной стороны препятствия и в депрессиях рельефа, где он образует огромные снежные сугробы - забои. Последние настолько уплотнены, что даже в момент своего образования свободно выдерживают тяжесть человека. Такой снег можно взять только пилой или ломом, а отпрепарированные ветром снежные плиты при ударе звенят как металлические.

Свободно падающий («ливневой») снег на севере - явление достаточно редкое, а если и наблюдается, то как исключение. Главная масса его переносится ветром. Поэтому «идеальная» чистота снега в Арктике только кажущаяся, а в действительности он очень сильно загрязнен механическими (и химическими?) примесями.

Весной такой снег приобретает желтовато-грязную окраску, в нем видна неправильная слоистость, обусловленная линейным расположением разрозненных механических частичек (песчинок, мелкой гальки, растительного детрита). Сам снег сильно уплотняется, приобретает характерную зернистость, частично обледеневаает и становится неотличимым от ископаемого льда. Мощность снежных забоев достигает до 30 м.

Указываемые некоторыми исследователями различия в зернистости фирна и ископаемого льда надо относить за счет условий образования того и другого. Фирн, как правило, образуется за счет свободно падающего снега, впоследствии уплотняющегося,

тогда как в Арктике снег в виде окатанных мелких зерен с огромной силой набивается ветром за малейшим препятствием. В долины он сносится с окружающих высот. При перемене направления ветра сугроб может быть частично отпрепарирован (заструги), вновь захоронится под снегом и т.д. В результате в разрезе такого снежника видна крайне непостоянная и запутанная слоистость, так характерная для отдельных участков обнажений ископаемого льда в береговых обрывах о. Муостах, Быковского полуострова, р. Омолой.

Наблюдениями устанавливается, что горизонтальная слоистость вовсе не характерна для современных снежников. Мы считаем ошибкой попытку отнести все разнообразие скоплений льда в почве за счет замерзающей воды только потому, что лед не обнаруживает горизонтальной слоистости [Качурин, 1946]. Открытая зияющая трещина (морозная), если только она достаточно широка, нацело заполняется снегом после первой же поземки и последующее превращение снега в лед (насыщение снега водой) здесь происходит много быстрее, чем в любом другом случае.

Сходство обледенелых снежников (не обязательно «перелетов») с ископаемыми льдами будет еще более разительным, если мы проследим все стадии процесса их захоронения. Известно, что в долинах и устьях рек снежные забои часто покрываются обвалами кромок террас или щебневых выносов со склонов. Нам часто приходилось наблюдать, как снежник-перелеток мощностью свыше 10 м бывал перекрыт почвенным слоем (до 0.5 м), постепенно переходящим на склон возвышенности, где та же дерновина оказывается разорванной на пласты, налегающие друг на друга подобно черепичной кровли. Такая оползшая со склона покрывка предохраняет снег от таяния и одновременно способствует превращению снега в лед за счет цементации снежных крупинок просачивающимися и замерзающими поверхностными водами. В разрезах речных террас такие погребенные снежники встречаются повсеместно, причем они имеют самые разнообразные очертания и мощность.

По берегу Янского залива вдоль отвесного обрыва третьей и второй террас снежные забои в августе месяце 1949 г. достигали мощности более 10 м и в плане имели форму вытянутых в северо-восточном - юго-западном направлении языков, длиной до 30 м и шириной около 15 м (рис. 5, 6). Со стороны моря снег был превращен в лед, образующий до уровня прилива (около 1 м) нависающий карниз. Оттаявший грунт (над снежником в верхней части яра), сползая вниз, равномерно распределяется по поверхности снежника и тем самым предохраняет его от дальнейшего таяния. Впоследствии такие погребенные снежники могут войти в разрез террасовых отложений в виде неправильных линз или изолированных тел. Их участки вблизи контактов с перекрывающими осадками и, частично, со склоном террасы (вверху), будут всегда обогащены землистым материалом за счет проникновения в толщу снега грязевых потоков, что обусловит постепенность перехода от льда к грунту. В зависимости от густоты овражной сети, определяющей форму снежника в плане, размеры погребенных снежников описанного типа будут варьировать в широких пределах, но в пространстве они будут располагаться полосой вдоль древнего склона (берега, террасы). В момент наблюдения на отдельных участках береговой снежник перекрывал и значительную часть устья оврага. Овражные потоки либо стекали по поверхности снежника в неглубокой корытообразной долине, либо промывали себе под снегом туннель, местами почти наполовину заполненный глинистыми осадками. Со временем туннель может полностью заполниться наносами и в поперечном сечении будет иметь форму изолированного земляного тела, заключенного во льду.

Большое значение в образовании погребенных льдов имеют наледи (по-якутски «тарын»). Наледи достигают ширины до 20 км, при длине более 40 км. Мощность такой наледи значительная, зимой она покрыта снегом, под которым лежит густая смесь из воды, снега и газа (воздуха). На слое почвы, в большинстве покрывающей наледь, растет лес, местами «затопленный» наледными водами. На Чукотке (по Н.А. Меньшикову) в

долинах рек обширные пространства тарынов во время весеннего половодья захороняются под мощным слоем галечниково-песчано-глинистого материала, впоследствии зарастающего кустарниковой и древесной растительностью.

Цвет мелкопузыристого льда тарынов белесовато-желтый или грязноватый. Слоистость отсутствует и только при повторном захоронении наледи возможно переслаивание льда и грунта с погребенной растительностью.

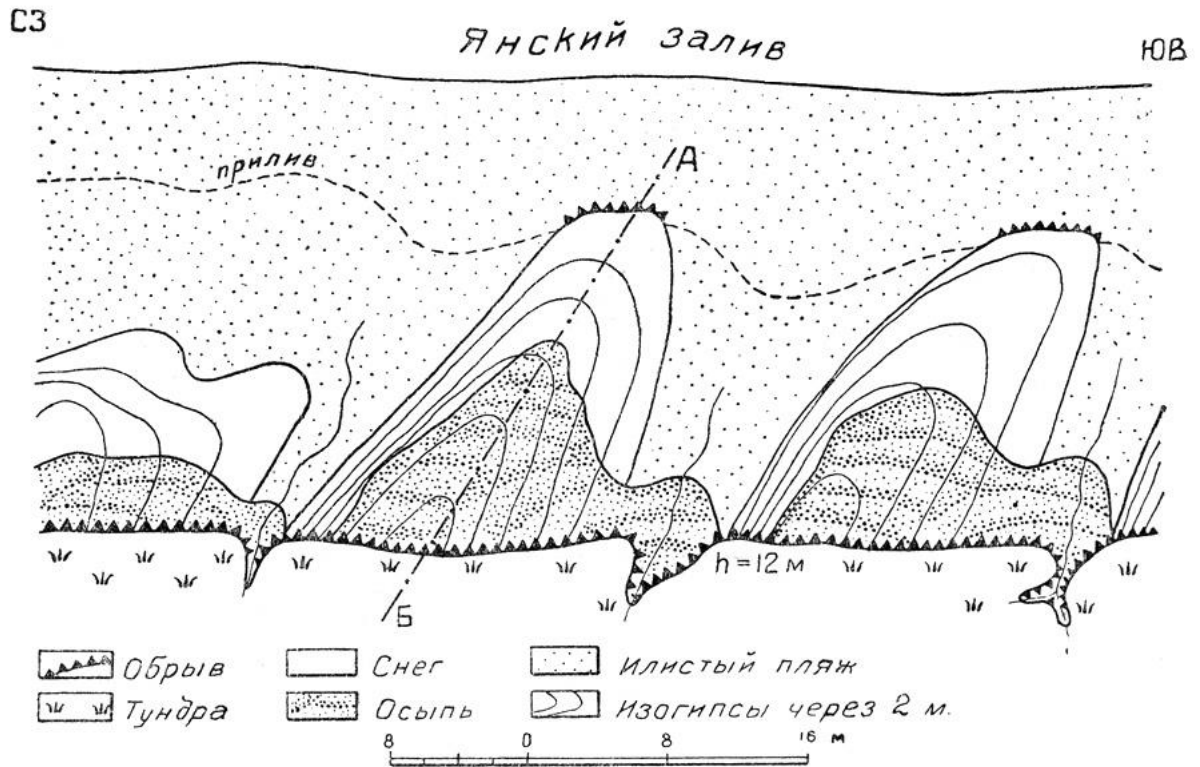


Рис. 5. Снежные надувы за прикрытием берегового обрыва.

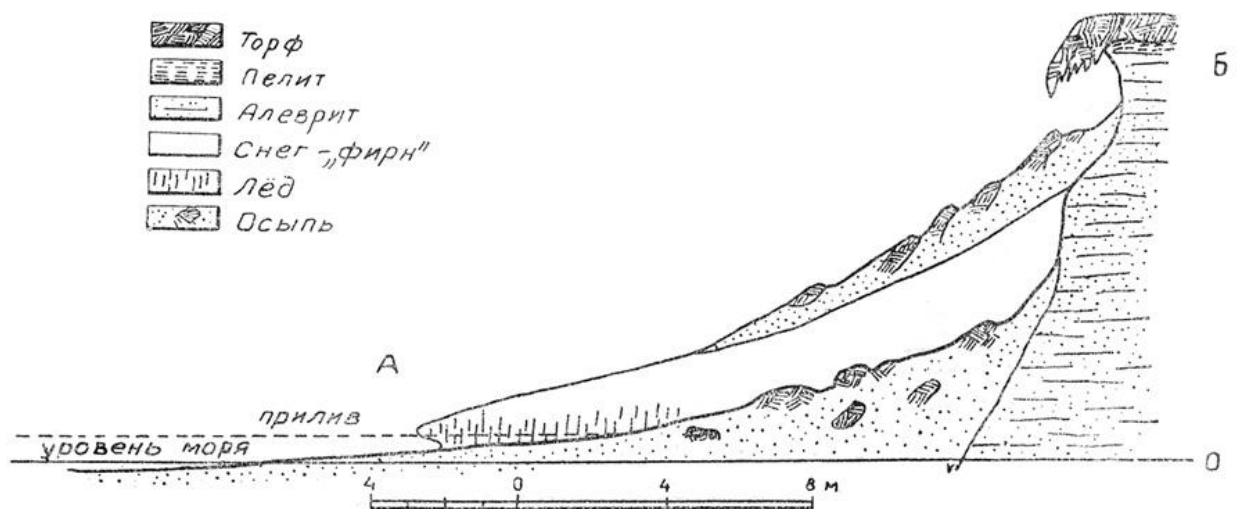


Рис. 6. Разрез по линии АВ к рис. 5.

Мощные выходы грязно-желтого сильно пузыристого льда в долине р. Куолай (вершина губы Буор-Хая) мы относим к погребенным наледям, в которых усложняющим моментом являются последующие процессы размыва льдов (и грунтов) по морозным

трещинам, теперь заполненным песчано-глинистым материалом (рис. 7). Во льду имеются включения мелкой, хорошо окатанной гальки кварца, песчаников, алевролита, глинистых сланцев, образующей небольшие скопления вблизи бывших промоин; располагается галька разрозненно на некотором расстоянии друг от друга. Лед неслоистый. В теплую погоду на обнажении ощущается неприятный запах падали.

Нам кажется маловероятным погребение замерзшего водоема, так как для этого нужен рыхлый, растепленный материал. Параллельно накоплению последнему будет оттаивать и замерзший водоем (по берегам) и приносимые потоками рыхлые осадки будут отлагаться на дне водоема, не попадая на лед.

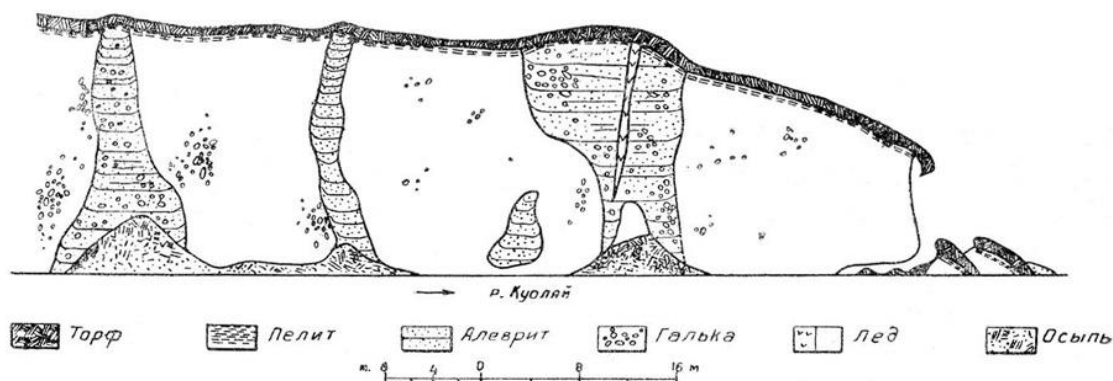


Рис. 7. Зарисовка обнажения ископаемого льда (налиди) со следами последующего размыва.

В природе имеет место и в весьма любопытной форме погребения озерного льда. На многих озерах между устьями рек Хопто и Хара-Улаха, в долине р. Куолай и по западному берегу губы Буор-Хая (район бухты Тикси) мы наблюдали в июне месяце 1949 г. сплошной лед толщиной до 1,5 м и только по заберегам была полоса чистой воды шириной в 10-20 м.

В июле и в первой половине августа на тех же озерах льда не было вовсе, но во второй половине августа он вновь появился, занимал до 50% площади озер. Толщина льда достигала 1 м, а обычно несколько меньше.

Зафиксировано, что в данном случае вначале ледяной покров озер был затоплен, а затем вновь всплыл на поверхность, но часть его все же оставалась на дне озера и оказалась захороненной под наносами, поступающими со склонов. При благоприятных условиях захороненным может оказаться весь примерзший ко дну лед, и, если процесс повторится, озеро окажется нацело погребенным, а в разрезе мы будем иметь несколько «горизонтов» (линз) погребенного льда среди землистых осадков.

Отмирание озер указанным выше способом должно происходить сравнительно быстро, поскольку в области мерзлотного рельефа их глубина, как правило, незначительна и заболачивание водоема может наступить после первого же погребения ледяного покрова. Надо полагать, что ископаемые озерные льды в нормальных разрезах соответствующих террас должны пользоваться достаточно широким распространением. Нами они наблюдались (в количестве двух горизонтов) по восточному берегу губы Буор-Хая и в долине реки Омолоя.

Следя шаг за шагом за постройкой подземного рыбоохранилища на мысе Быковом, удалось оконтурить конической формы земляные холмы [Гусев, 1938б], сложенные горизонтально наслоенными осадками. Представлены они тонкослоистым алевропелитовым материалом с частыми тонкими прослоями мелкого гравия с галькой и черного гороховидного песка. Изредка встречаются полуразложившиеся остатки



кустарниковой растительности, а в глубоких шурфах (на 5 м ниже уровня моря) - куски древесины.

Пространство между земляными холмами заполнено грязновато-желтым льдом с большим количеством пузырьков воздуха. Отчетливо видна более или менее параллельная слоистость, обусловленная ориентированным расположением разрозненных минеральных частиц, за счет частичного растворения которых происходит полосчатое окрашивание льда.

Наблюдения в забоях показывают, что слоистость льда в контакте с грунтом всегда более или менее согласная с направлением склона земляного холма, сам контакт резкий и срезает слоистость осадков холма под углом. Описанные земляные холмы в толще льда являются, по нашим представлениям, останцами древнего эрозионного рельефа, долинообразные понижения между которыми были выполнены снежными надувами, впоследствии погребенными под торфяным плащом и обледенелыми.

В связи с таянием погребенного льда (Быковский полуостров, Омолой-Янская тундра) и оседанием торфяной кровли верхушки погребенных холмов выходят на поверхность и отражены в современном рельефе. Последний представлен (в данном случае) конической формы земляными или торфяными буграми - байджарахами, которые служат надежным признаком присутствия под почвой ископаемых льдов.

Обычно разрушение области мерзлотного рельефа идет одновременно в двух направлениях: от берега вглубь страны и вдоль берега. Если берег непрерывно подмывается морем, его разрушение идет особенно интенсивно. Стекающие по обрыву воды, разрушая берег, одновременно сносят вниз и продукты разрушения. Растущие на месте ископаемых льдов овраги на значительную глубину вскрывают толщу осадков области, дерновина торфа сползает вниз, оголенные борта отпрепарированных останцов погребенного рельефа оплывают и весь берег покрывается сплошным нагромождением земляных байджарахов, по существу недолговечных, так как слагающие их осадки при оттаивании становятся плавучими и не могут оставаться на склонах.

Материал от разрушения берегов нагромождается в подножье склонов в виде мощных грязевых конусов выноса, изрезанных глубокими руслами потоков. Прибойной волной этот материал уносится в море и течением распределяется вдоль берегов, образуя подводные косы и мели.

При наличии высокого берегового обрыва, в верхней его части, благодаря интенсивному таянию обнаженного ископаемого льда и вечной мерзлоты, образуется термотерраса. Ее высота определяется уровнем подошвы минерального прослоя в толще льда.

Разрушение области мерзлотного рельефа часто носит катастрофический характер. Так, например, местами на р. Омолое устанавливается ежегодное отступление берега реки на 25 м; то же относится к отдельным участкам Быковского полуострова, о. Муостах, восточного берега губы Буор-Хая, Янского залива и проч. Это приводит к изменению режима данного водного бассейна: на реке происходит постоянная миграция фарватера, уничтожение островов; прибрежная часть моря мелеет настолько, что к берегу не удается подойти ближе 0.5 км даже на лодках, а шхуны и пароходы вынуждены вставать на рейд в 6-10 км от берега.

Вечная мерзлота и ископаемые льды, вообще говоря, - образования достаточно устойчивые, если только не нарушать температурного режима почвенного слоя. Часто бывает достаточно самого незначительного повреждения верхнего защитного покрова тундры, чтобы дать толчок к катастрофическому росту оврагов и гибели выбранной для освоения площадки.

Все вышеизложенное об ископаемых и погребенных льдах, и фактический материал позволяют сделать некоторые выводы, имеющие практическое значение при хозяйственном освоении новых территорий области мерзлотного рельефа, а именно:

1. В древних речных долинах (на полуостровах Буор-Хая, Быковском, острове Муостах, Оёгосском яру и др.) всегда надо ожидать мощных залежей ископаемого льда, в большинстве являющегося, по-видимому, погребенными наледями. После своего захоронения они подвергались неоднократному размыву текущими водами, с последующим заполнением ледяных русел (поверхностных и подземных) песчано-глинистыми осадками. На поверхности тундры такое строение отмечено **линейным расположением байджарахов** на месте погребенных русел и долинообразными заболоченными понижениями на месте залегания ископаемого льда. В разрезе указанные промоины представлены U-образными и округлыми земляными включениями.

2. Тот же рельеф, но **с беспорядочным расположением байджарахов**, будет иметь место и в случаях погребения под моховым покровом тундры древнего эрозионного рельефа, между останцами которого были захоронены и мощные снежные залежи. Здесь современный рельеф в общих чертах повторяет рельеф погребенный, и, пользуясь крупномасштабной аэрофотосъемкой, можно с достаточной уверенностью и точностью составить план выработок подземного сооружения и построить его только во льду между останцами древнего рельефа.

3. Тетрагональная отдельность свидетельствует о широком распространении на данном участке ископаемых льдов - «клиньев» по взаимноперпендикулярным направлениям, прорывающих торфяно-глинистые или торфяные осадки. Мощность отложений в этих случаях бывает не менее 4-6 м и до этой глубины скальные породы и каменные грунты отсутствуют.

Указанная отдельность развивается на ровных или слегка наклоненных поверхностях - террасах (речной, озерной, морской), а также характерна для котловин на месте заросших (не спущенных) озер, не образуется на водоразделах или галечниковых и щебенистых грунтах.

Территории с тетрагональной отдельностью совершенно непригодны для посадки самолетов (в любое время года), противопоказаны для наземных и подземных сооружений, так как здесь имеются весьма благоприятные условия для морозных трещин (разрывам) и, как следствие, - для непрерывного роста ледяных «клиньев».

Подземное сооружение под тетрагональной тундрой будет постоянно находиться под угрозой затопления поверхностными водами.

Для наземного строительства в области мерзлотного рельефа обязательным условием является сохранение целостности и температурного режима торфяного покрова тундры. Так, например, для сооружения взлетно-посадочных площадок и дорожных насыпей засыпка балласта должна производиться только поверх ненарушенного и нерастепленного тундрового слоя и мощностью не менее, чем вдвое превышающую мощность деятельного слоя. Подпор поверхностного стока ликвидируется дренажными трубами (под насыпью), укладываемыми только **поверх растительного слоя без углубки**. В противном случае начнется неминуемое разрушение самого сооружения и рост оврагов.

4. Большая часть ископаемых льдов произошла за счет погребения снежных залежей и долинных наледей и потому не имеет прямого отношения к прошлому оледенению рассматриваемых территорий, т.е. не является его реликтами.

Погребение промерзших до дна озер фиксируется в виде линзовидных прослоев между песчано-глинистыми слоями.

5. Наблюдаемые выходы ископаемых льдов не дают сколько-нибудь надежного материала для расчленения их на два «горизонта», якобы соответствующих двум ледниковым эпохам, бывшим на севере Сибири. В лучшем случае можно допустить существование двух ярусов ископаемых льдов, если только имеется пример наложенной террасы в долине реки или на морском побережье. Здесь ископаемые льды одной террасы перекрыты отложениями более молодой террасы, на которой ископаемые льды формируются в современную нам эпоху.

6. Поверхность тундры с медальонной отдельностью, или с каменными многоугольниками, указывает на отсутствие на данном участке ископаемых льдов, на грубый механический состав отложений и иногда - на близкое залегание от поверхности скальных пород. Это лучшие (после скальных) площади для наземных сооружений, требующих устойчивых грунтов под фундамент.

7. Выходы ископаемых льдов в береговых обрывах свидетельствуют о весьма интенсивном разрушении суши, об отступании берегов, о наличии широких прибрежных отмелей, исключающих подход судов к берегу ближе 3-4 км. Прогрессирующее обмеление бухт и заливов является следствием разрушения суши, сложенной мерзлыми рыхлыми осадками и ископаемыми льдами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бунге А. Описание путешествия к устью р. Лены 1881-1844 гг. Тр. Русск. полярн. станции на устье р. Лены, ч. I.
2. Воллосович К.А. Геологические наблюдения в тундре между нижним течением рек Лены и Колымы. Тр. КЯР Ак. наук СССР, т. 15, 1893.
3. Гусев А.И. Остров Муостах // «Советская Арктика», 1936. № 2.
4. Гусев А.И. Геологическая разведка на мысе Быковом // Бюлл. Арктич. инст., 1936. № 1.
5. Гусев А.И. Послетретичная история северной части Хараулахского хребта // Изв. ГГО, 1938. Т. 70, вып. 2.
6. Гусев А.И. Театрагональные грунты в Арктической тундре // Изв. ГГО, 1938а. Т. 70, вып. 3.
7. Гусев А.И. Послетретичные и современные геологические явления в северном Хараулахе и прилегающих областях. Фонды НИИГА. 1938б.
8. Гусев А.И. Геология и полезные ископаемые северной оконечности Хараулахского хребта // Труды Арктич. инст., 1938в. Т. 99.
9. Ермолаев М.М. Геоморфологический очерк Новосибирского архипелага. Якутская АССР, в. I, изд. Ак. наук СССР, 1932.
10. Качурин С.П. О генезисе наиболее распространенных ископаемых льдов Севера // Изд. Ак. наук СССР, 1946.
11. Толль Э. Ископаемые ледники Новосибирских островов, их отношение к трупам мамонтов и ледниковому периоду // Зап. РГО, 1897. Т. XXXII, № 1.
12. Толмачев И.П. Почвенный лед р. Березовки. Научный результат экспедиции, снаряж. Имп. Ак. наук для раскопки мамонта, найденного на р. Березовке. СПб, 1903.
13. Хмызников П.К. Геоморфологический очерк Ленско-Янского края. Якутская АССР, вып. 10. Изд. Ак. наук СССР, 1932.
14. Хмызников П.К. Вечная мерзлота бассейна р. Индигирки // Тр. Комиссии по изучению вечной мерзлоты, 1934. Т. III.
15. География морей Советской Арктики. Море Лаптевых // Тр. АНИИ, 1949. Т. 8, вып. 2.

**Ссылка на статью:**



*Гусев А.И. К вопросу о генезисе ископаемых льдов // Труды НИИГА. Том 43, Сборник статей по геологии Арктики. 1954, вып. 3, с. 173-184.*