

М.Г. Гросвальд, Б.И. Втюрин, В.Л. Суходровский, Ж.Г. Шишорина
Институт географии АН СССР

ПОДЗЕМНЫЕ ЛЬДЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Доказывается, что среди широко распространенных в Западной Сибири подземных льдов самую важную геоэкологическую роль играют наиболее мощные льды ледникового происхождения. Доложено на заседании школы-семинара «Роль ледников и ледниковых покровов в формировании природных условий полярных и горных стран» (23-28 сентября 1983 г., Нальчик).

Подземные льды входят в состав литосферы и залегают внутри ее приповерхностных слоев. Запасы этих льдов сравнительно невелики: по имеющимся оценкам, на их долю приходится менее 21 общей массы природных льдов Земли, что составляет от 0,3 до 0,5 млн. км³ [4]. Однако физико-географическая и геоэкологическая роль внутрилитосферных льдов чрезвычайно велика: влага в твердой фазе, захороненная непосредственно ниже земной поверхности, оказывает прямое влияние на геоморфологические, климатообразующие, литогенетические, гидрогеологические и биологические процессы.

Установлено, в частности, что льдообразование в земной коре создает особые условия литогенеза, эффекты которых разносторонне изучаются криолитологией. Известно также, что процессы, связанные с образованием и эволюцией подземных льдов, служат мощным фактором формирования экзогенного рельефа; с ними ассоциируется широкий спектр форм пучения и термокарста. Льды литосферы оказывают глубокое влияние на ход речной эрозии, морской и озерной абразии, склоновых и других рельефообразующих процессов. Весьма велико и инженерно-геологическое значение подземных льдов, поскольку они обуславливают особые физико-механические свойства мерзлых пород и определяют необходимость применения специальных технологий при строительстве и разработке полезных ископаемых в условиях мерзлоты. Процессы льдообразования в грунтах оказывают прямое и косвенное влияние на режим подземных вод, почвообразование, механизмы роста и отмирания растений. Поэтому можно утверждать, что подземные льды представляют собой важнейший природный фактор области распространения многолетней мерзлоты, с которым приходится считаться при ее хозяйственном освоении.

Изучение многолетнемерзлых пород и подземных льдов на севере Западной Сибири, начатое давно, приобрело большой размах только в последние двадцать лет, в связи с поисками, разведкой и широкой разработкой нефтяных и газовых месторождений. Именно в это время составлены геокриологические и инженерно-геологические карты, карты льдистости пород и распространения различных типов подземных льдов, подсчитаны приблизительные запасы эвидентных льдов литосферы [3, 4, 9, 10, 13 и др.]. Тем не менее подземные льды Западной Сибири нельзя считать хорошо изученными, о чем, в частности, свидетельствует состояние вопроса о генезисе пластовой разновидности этих льдов.

Первые исследователи *залежей подземного льда* на севере Сибири - Э.В. Толль, К.А. Воллосович, И.П. Толмачев и другие - считали их остатками плейстоценовых

снежно-фирновых и ледниковых масс, погребенными позднейшими наносами. Эта концепция решительно поддерживалась рядом ведущих отечественных ученых, в том числе В.А. Обручевым, А.А. Григорьевым, М.И. Сумгиным, В.Н. Саксом. Однако в начале 50-х годов, когда выяснилась трещинно-жильная природа основных масс подземного льда центральной и северной Якутии, точка зрения на генезис пластовых льдов изменилась. И хотя в это время пластовые залежи практически не исследовались, утвердилось мнение, что погребенные ледниковые льды в Сибири развиты лишь локально, и роль их среди подземных льдов иного генезиса ничтожна. Господство данной точки зрения не могло стимулировать попыток привлечения теории древних оледенений к объяснению генезиса больших массивов подземных льдов.

К настоящему времени география находок пластовых залежей подземных льдов сильно расширилась, а выявленные размеры залежей многократно превзошли прежние оценки. Геологи, работающие на севере Западной и Средней Сибири, постоянно встречают мощные толщи подземных льдов, которые простирается на многие сотни метров и даже километры. Это заставляет по-новому подойти к вопросу о происхождении таких льдов, что имеет практическое значение. Между тем в публикуемых работах сейчас высказываются самые разные и взаимоисключающие мнения: одни исследователи считают пластовые льды инъекционными, другие - сегрегационными, третьи - инъекционно-сегрегационными, четвертые - инфильтрационными; некоторые авторы связывают их с захоронением морских, речных и наледных льдов, или даже с внедрением напорных глубинных вод, поступающих по разломам земной коры [3]. Это мешает правильной оценке общей льдистости поверхностных отложений области и затрудняет прогноз льдистости в малоисследованных районах. В этой связи особое значение приобретает обнажение Ледяная Гора, детальные исследования которого доставили чрезвычайно богатую и разностороннюю информацию по строению больших пластовых залежей подземного льда, что позволило увереннее судить об их генезисе.

Ледяная Гора, расположенная на правом берегу Енисея у широты полярного круга, в 120 км южнее Игарки, была открыта в 1973 г. Этому обнажению посвящена обширная литература [2, 6, 8-10, 13 и др.]. Авторы настоящей статьи обследовали ее в 1981 и 1983 гг. и убедились в грандиозных размерах сохранившегося здесь ледяного массива.

Протяженность обнаженной ледяной стенки главного термокара Ледяной Горы составляет 400 м, видимая высота ледяных обрывов - 12-15 м, однако фактическая мощность ледяного пласта, выявленная с помощью бурения и электрозондирования, достигает 40 и даже 70 м. Этот пласт представляет собой ядро длинной плосковершинной гряды, вытянутой в северо-восточном направлении и образующей пологую дугу, своей выпуклостью обращенную на юго-восток. При просмотре аэроснимков оказалось, что эта гряда - один из элементов крупного комплекса форм рельефа, типичных для областей ареальной дегляциации и состоящих из маргинальных озов и различных камов. Несколько пологих куполообразных камов, соседствующих с Ледяной Горой, "изъедены" термокарстом; по-видимому, все эти формы также содержат ледяные ядра. Их положение и морфологические особенности позволяют заключить, что в долине Енисея у полярного круга существовала ледниковая лопасть, ориентированная на юго-восток и омертвевшая в ходе общей деградации оледенения. Таким образом, Ледяная Гора располагается внутри комплекса форм рельефа, которые обычно ассоциируются с мертвым льдом и его таянием.

В стенках термокара видно, что лед пластовой залежи имеет слоистую текстуру, весьма похожую на текстуру метаморфического льда придонных частей ледниковых покровов. Слои здесь выделяются по вариациям в размерах кристаллов, по параллельным прослойкам минеральной пыли, песка и щебня с валунами, а местами также по горизонтам мелких пузырьков воздуха. Часть крупных обломков, включенных в лед или вытаявших из его толщи и участвующих в строении чехла поверхностных отложений, имеет форму типичных ледогранников со штрихованными поверхностями. Петрографическая структура льда, изученная в Ледяной Горе, крупнокристаллическая,

неотличимая от структуры типичных ледниковых льдов: в большинстве образцов она оказалась аллотриоморфно-зернистой и кристаллобластической, а в зонах дробления - катакластической [13]. Этот лед в основной своей массе ультрапресный, чистый, стекловато-прозрачный, по химическому составу гидрокарбонатно-кальциевый, близкий к атмосферным осадкам, а по соотношению стабильных изотопов кислорода сходный с глубинной частью ледникового купола Вавилова на Северной Земле [9, 10].

Первичное залегание ледяных слоев во многих местах нарушено антиклинальными и синклинальными складками разного размера, сбросами, надвигами и другими дислокациями, очень похожими на гляциодинамические текстуры придонного льда ледников. Причем, как отмечает Ф.А. Каплянская и В.Д. Тарноградский [8], лед пластовой залежи имеет общую тектоническую структуру с подстилающей его основной мореной, что указывает на их совместное течение и деформирование под давлением. Названные авторы доказали, что основная морена отложена здесь в мерзлом виде и в последующем не протаивала, т.е. является изначально мерзлой.

Для определения генезиса и возраста пластовой залежи существенно, что ее поверхность неровная, несогласная со слоистостью льда и осложненная ложбинами и западинами. Таким образом, можно заключить, что ледяная залежь образовалась на земной поверхности и перед захоронением пережила этап интенсивного стаивания. Сейчас на нее налегает толща суглинков с гравием, галькой, щебнем и валунами, мощностью от 1,5 до 20 м, которая некоторыми исследователями рассматривалась как молодая основная морена [6]. Однако В.А. Астахов, изучив структурно-текстурные особенности этих суглинков, показал, что их толща образована в процессе вытаивания внутренней морены и ее сплывания по ледяным склонам, т.е. представляет собой морену течения, или флоу-тилл [2]. Моренная толща перекрывается линзами безвалунного суглинка, имеющего в основном озерный генезис, и горизонтом торфа. Для последнего получена серия радиоуглеродных датировок, которая свидетельствует о его средне- и позднеголоценовом возрасте. Кроме того, по древесине, извлеченной из морены течения, получено две датировки: более 50 тыс. л.н. и 43100 ± 1000 л.н., на основании которых Е.Г. Карпов и некоторые другие авторы относят пластовую залежь Ледяной Горы ко времени раннезырянского, т.е. первого позднеплейстоценового этапа оледенения [9, 10]. Этот вывод, однако, не бесспорен: приведенные датировки вполне могут указывать не на время образования морены течения, а на возраст подстилающих лед отложений, которые ассимилируются ледниковым покровом на стадиях его активного развития, превращаются во внутреннюю морену, а затем вытаивают и становятся частью поверхностного чехла. Об абляционном происхождении верхнего горизонта валунных суглинков говорят и результаты нашего спорово-пыльцевого анализа.

Образцы на этот анализ были отобраны летом 1983 г. из 16-метровой толщи суглинков, перекрывающих лед в западной стенке главного термокара. К настоящему времени удалось обработать и проанализировать только четыре образца, взятых с глубин 110, 260, 770 и 1560 см. При этом получены сходные спорово-пыльцевые спектры, отражающие осредненную растительность лесотундровой зоны, сколько-нибудь существенных изменений этих спектров по глубине не обнаружено. Во всех образцах преобладает пыльца травянистых растений - злаков, осок, лебедовых и разнотравья. Древесные и кустарниковые представлены в основном пыльцой березы, причем главным образом ее древесной формы. В меньшем количестве присутствует пыльца ели и ольховника, единично встречаются пыльцевые зерна сосны, лиственницы, ольхи. В составе спор доминируют зеленые мхи, а в меньшем количестве присутствуют папоротники, плауны, сфагновые мхи. Весьма важно, что практически вся пыльца и споры отличаются плохой сохранностью, значительная часть их носит следы механических повреждений - надрывов и иных деформаций, многие зерна минерализованы. Из-за этих изменений свыше 20% всех зерен не поддается определению. Более 10% пыльцевых зерен принадлежат теплолюбивым растениям, явно переотложенным из межледниковых -

доледниковых слоев. Все эти особенности - осредненность спектров, плохая сохранность зерен и значительная примесь древней пыльцы - достаточно убедительно доказывают: источником рассмотренного материала был не «пыльцевой дождь» из атмосферы, а выпавшие льдом древние отложения. Тем самым косвенно подтверждается, что перекрывающие пластовую залежь суглинки имеют абляционную природу, а упомянутые выше "старые" датировки получены по обломкам древесины, которые были переотложены из подстилающих лед отложений.

Таким образом, выводы тех исследователей, которые пишут об остаточном ледниковом происхождении пластовой залежи Ледяная Гора, имеют под собой серьезные основания. Эти выводы подтверждаются данными о размерах залежи, петрографической и тектонической структуре льда, его ассоциации с озово-камовым комплексом форм рельефа, характере нижнего и верхнего контактов, а также генетических типах отложений, слагающих подстилающие и перекрывающие толщи. Эти данные свидетельствуют, что, во-первых, лед залежи образовался не внутри земной коры, а на ее поверхности и лишь впоследствии оказался погребенным и, во-вторых, этот лед не может быть ни морским, ни озерным, ни снежниковым. Судя по приведенным выше лито- и хронеостратиграфическим данным о залежи, а также по ее залеганию в ядре молодой озовой гряды, ее геологический возраст должен быть позднезырянским, т.е. близкий к 20 тыс. л.н., хотя нельзя полностью исключить и вероятность того, что он несколько более древний, т.е. раннезырянский.

Пластовые залежи других районов. Массивы пластового льда, имевшие морфологические, структурно-гляциологические и общегеологические характеристики, позволяющие относить их к останцам древнеледниковых покровов, сейчас известны также во многих пунктах Ямала, Гыдана и в более южных районах Западной Сибири, относящихся к зоне островного распространения многолетнемерзлых пород. Такие же залежи обнаружены в северных районах Средней Сибири - в бассейне Нижней Таймыры, на Северо-Сибирской низменности и в бассейне Котуя (рис. 1). Генезис некоторых залежей остается неясным. К их числу отнесены массивы подземных льдов Таймырской низменности, районов Норильска и Дудинки, хотя известно, что эти массивы имеют форму пластов толщиной 20 м и более и включены в толщи валунных суглинков.

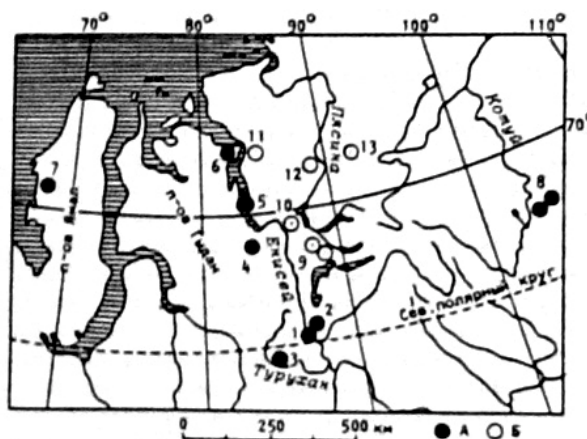


Рис. 1. Пункты обнаружения пластовых залежей подземного льда на севере Западной и Средней Сибири, имеющих остаточный ледниковый (А) и неустановленный (Б) генезис. По данным [4, 7-9, 12, 13].
Пункты: 1 - Ледяная Гора, 2 - Карасино, 3 - Мамонтово, 4 - Ижэнгдэ, 5 - Караул, 6 - Иннокентьевское, 7 - Средний Ямал, 8 - долина Котуя, 9 - Норильский, 10 - Дудинка, 11 - Гольчикха, 12 - Джангода, 13 - Дудыпта

Fig. 1. Sites in West and Middle Siberia with outcrops of thick beds of ground ice: buried remnants of former ice sheet (A) and ice of unknown origin (B). After B. I. Vtyurin, F. A. Kaplyanskaya, E. G. Karpov, S. Y. Parvizin, V. G. Cherenkov and others [4, 7, 8, 9, 12, 13]. Sites: 1 - Ledyanaya Gora, 2 - Karasino, 3 - Mamontovo, 4 - Izhengda, 5 - Karaul, 6 - Innokentievskoye, 7 - Middle Yamal, 8 - Kotui-River Basin, 9 - Noril'skiy, 10 - Dudinka, 11 - Golchikha, 12 - Dzhangoda, 13 - Dudypta

Схема показывает лишь очень незначительную часть пунктов с пластовыми залежами подземных льдов. Их фактическое распространение гораздо шире. На Ямале, Гыдане, Тазовском полуострове, северном побережье Таймыра почти каждая скважина вскрывает пласты льда. Переход от наблюдений в естественных обнажениях к площадным геофизическим съемкам и бурению по густым сетям профилей заставил переоценить площади и запасы пластовых льдов в сторону их значительного увеличения. Так, из 190 скважин, пробуренных по сетке на Среднем Ямале, 65 вскрыли пластовые льды; одна из пластовых залежей здесь имеет протяженность более 2 км, мощность свыше 25 м и площадь, измеряемую десятками квадратных километров. Судя по ряду геоморфологических признаков столь же грандиозные залежи льда должны присутствовать и в других районах полуострова [12]. В бассейне Нижней Таймыры пластовые льды мощностью более 10 м вскрыты многими скважинами на днищах и склонах долин, а также на невысоких междуречьях (сообщение В.М. Макеева, ААНИИ). В верховьях Котуя на участке свежего холмисто-озерного рельефа, расположенном в 50-70 км восточнее оз. Эссей, обнаружен подземный лед пластового типа: шестью скважинами под покровом из валунных песков вскрыта толща погребенных льдов и изначально мерзлой морены мощностью до 37 м. Несколько восточнее, у оз. Буостах, также выявлена пластовая залежь льда с дислоцированным "ледогрунтом" в основании, имеющая общую толщину не менее 20 м (сообщение В.Г. Черенкова, "Аэрогеология").

Все отмеченные выше находки пластовых залежей подземного, льда сосредоточены на площади, которая, согласно новейшим палеогеографическим реконструкциям [1], покрывалась Карским ледниковым щитом позднеплейстоценового возраста и относится к зонам сплошного и островного распространения многолетнемерзлых пород. Такое расположение, большие размеры залежей, отмеченные выше особенности их строения и специфическое соотношение с вмещающими отложениями свидетельствуют в пользу *ледникового* происхождения рассматриваемых ледяных тел. Поэтому вывод, сделанный для Ледяной Горы, может быть распространен и на большинство известных пластовых залежей льда на севере Сибири. По-видимому, их основная масса представляет собой нарастающие остатки придонных частей последнего Карского ледникового щита. Итак, гипотеза, высказанная в 1976 г. Ф.А. Каплянской и В.Д. Тарноградским [7], нашла подтверждение в полученных за последние годы фактах. Оправдывается и прогноз этих геологов, согласно которому реликты древнего ледникового льда должны сохраняться на всей территории, которая до оледенения глубоко промерзала, а после оледенения избежала сплошного протаивания.

Пластовые залежи подземного льда, аналогичные западносибирским, сейчас известны практически во всех областях, где покровные оледенения «накладывались» на многолетнюю мерзлоту. М.Г. Гросвальд наблюдал разрезы таких залежей в обрывах термоабразионных берегов моря Бофорта у устья р. Маккензи, где их мощность иногда достигает 30 м. Лед этих залежей интенсивно дислоцирован, его петрографические характеристики близки к таковым ледникового льда, в разрезах видны включения эрратических валунов и прослойки моренных песков, на поверхность с абляционным контактом налегает толща морены течения. Это с достаточной определенностью указывает на ледниковую природу пластовых залежей района и позволяет считать их погребенными останцами северо-западной лопасти последнего Лаврентьевского ледникового покрова. В этой связи трудно согласиться с мнением Р. Маккая и В. Рэмптона [17], которые приписывают этим залежам сегрегационный генезис. Зато Т. Хамилтон, обнаруживший и изучивший крупные массивы пластового льда на севере Аляски, в центральной части хр. Брукса, уверенно относит их к остаткам позднеплейстоценового ледникового комплекса этого хребта [15]. По его данным, массивы льда включены здесь в покров ледниковых и флювиогляциальных отложений, сформированных между 16 и 24 тыс. л.н.; с ними связано интенсивное развитие

термокарстовых процессов, в частности продолжающееся образование мелких озерных впадин.

Известно [1], что к южному краю Карского ледникового щита примыкали обширные подпрудные озера. Поэтому вполне вероятно, что деградация щита сопровождалась наступанием озер на его краевую зону и затоплением перегруженных мореной останцов придонного льда. На первых порах это вело к ускорению таяния, однако после накопления достаточно толстого слоя абляционной морены и озерных осадков таяние неизбежно прекращалось. Физическая реальность этого механизма подтверждается данными по Аляске. Здесь на участке прибрежного мелководья, примыкающем к конечной морене ледника Беринга, которая сформировалась за последнее тысячелетие, недавно выявлена пластовая залежь подводного мертвого льда площадью около 20 км² [16]; установлено также, что поверхность этого льда испытывает неравномерное протаивание и на ней идет образование камовых холмов и термокарстовых западин.

В Западной и Средней Сибири пластовые залежи подземного льда распространены на площади в миллион квадратных километров. По-видимому, они маркирует величайшее в мире поле, где под тонким чехлом скованных мерзлотой торфяников и суглинков сохранились остатки плейстоценового ледникового покрова. Если допустить, что такие льды присутствуют на 30-50 % площади этого поля, и их средняя мощность составляет 20-25 м, то суммарный объем останцов древнего льда окажется близким к 10 тыс. км³, что лишь в полтора раза меньше объема всех современных ледников СССР. Отсюда ясно, сколь крупным объектом специальных гляциологических исследований могут стать погребенные останцы Карского ледникового щита.

Подземные льды прочих типов. Среди подземных льдов прочих видов наиболее распространен *лед-цемент*, присутствующий повсеместно, с которым связано образование массивной криогенной текстуры пород. Лед-цемент определяет массивные подтипы криогенного строения двух основных типов - сингенетического и эпигенетического. Следующее по распространенности место в криогенном строении пород занимают льды *сегрегационного генезиса*, которые являются не только текстурообразующими, но и залежеобразующими: при благоприятных гидрогеологических и мерзлотных условиях, а именно при наличии водоносных горизонтов или высокой влажности пород и при достаточно малых скоростях промерзания этот лед может образовывать сравнительно мощные подземные линзы и пласты.

Лед-цемент и сегрегационный лед образуется при промерзании влажных рыхлых пород, т.е. являются первичными внутригрунтовыми льдами. К этому же классу относятся и залежеобразующие *инъекционные льды*. Однако их роль в криогенном строении пород невелика. Для широкого проявления инъекционного льдообразования необходимо сочетание таких условий, которые в Западной Сибири встречаются редко. Поэтому попытки некоторых исследователей привлечь механизмы инъекционного льдообразования к объяснению генезиса крупных пластовых залежей подземного льда представляются бесперспективными.

Из вторичных внутригрунтовых льдов, т.е. льдов, образующихся в уже мерзлой породе, в Западной Сибири наиболее распространены *повторножильные*. В ее южной и центральной геокриологических зонах объемная макрольдистость поверхностных отложений, обусловленная присутствием льдов этого типа, колеблется от 2 до 2,5%, в северной зоне достигает 13%, а общие запасы таких льдов превышают здесь 50 км³ [4]. Повторножильные льды распространены неравномерно, что зависит от состава мерзлых пород и истории их формирования в голоцене и плейстоцене. Если на Гыдане они встречаются главным образом в понижениях рельефа, то на Ямале их можно наблюдать почти повсеместно. На Ямале же встречены и наиболее мощные льды этого типа, считающиеся плейстоценовыми; несомненно, что они являются реликтом более суровых, чем современные, климатических условий. Таковы, например, повторножильные льды

района устья р. Се-Яхи, расположенного на восточном побережье Обской губы и изученного нами летом 1963 г.

Наконец, как уже указано выше, в Западной Сибири широко распространены погребенные первично-поверхностные льды. По своему генезису они относятся не только к ледниковым, но также к речным, озерным и морским льдам.

Геоэкологическое значение подземных льдов. За очень небольшим исключением, подземные льды всех типов залегают близко к современной земной поверхности и чутко реагируют на изменения геотермических условий. Поверхностный теплоизолирующий торфяной и почвенно-растительный покров сохраняют их практически стабильными. Однако это равновесие в Западной Сибири неустойчиво. Достаточно сравнительно небольшого нарушения теплоизолирующего покрова, чтобы началось быстрое таяние подземных льдов, а затем комплекс разрушительных перигляциально-геоморфологических процессов [5, 11, 14]. Природа таких нарушений может быть и естественной, и антропогенной, но если естественные нарушения происходят, как правило, локально и не проявляют заметной тенденции к усилению, то антропогенные охватывают практически всю площадь Западной Сибири, а их интенсивность растет вместе с хозяйственным освоением области.

Естественные нарушения почвенно-растительного покрова обычно связаны с речной термоэрозией, озерной и морской термоабразией, ведущими к разрушению берегов, а также с некоторыми катастрофическими гидрометеорологическими явлениями, например, сильными ливнями, бурным снеготаянием, высокими паводками и т.п. Антропогенные нарушения происходят при добыче полезных ископаемых, промышленном и гражданском строительстве, сооружении и эксплуатации дорог, трубопроводов и линий электропередач. Среди процессов, развивающихся в областях распространения высокольдистых пород после разрушения их почвенно-растительного покрова, особенно важны криогенное оползание - сплывание грунтов, или быстрая солифлюкция, овражная термоэрозия склонов и термокарст равнин. В результате их действия материал, слагающий склоны, сносится к их подножиям, где формируются мощные грязевые шлейфы; вдоль дорог и на наклонных строительных площадках образуются крупные овраги, причем скорость их роста в некоторых случаях достигает сотен метров в год; на горизонтальных междуречных пространствах появляются провальные формы криогенного рельефа. Так, по нашим наблюдениям, в районе устья р. Се-Яха на Ямале пренебрежение правилами строительства на мерзлоте привело к тому, что на междуречной равнине с повторножильными льдами интенсивные термокарстовые процессы в считанные годы превратили ее в хаос полигональных рвов и бугров-байджарахов.

Интенсивность этих процессов и степень связанной с ними деградации природных ландшафтов зависят от нескольких факторов и прежде, всего от комплекса природоохранных мер, разработанных для областей многолетней мерзлоты и направленных на защиту почвенно-растительного покрова от разрушения, а подземного льда от вытаивания. Зависят они также и от типа и мощности внутригрунтовых льдов. Самые серьезные геоэкологические проблемы, естественно, возникают на участках, где под тонким поверхностным слоем торфа и глин располагаются мощные пластовые залежи ледникового льда, и наоборот - мерзлые породы с массивным криогенным строением, содержащие лишь лед-цемент, оказываются сравнительно устойчивыми к антропогенным воздействиям, в связанные с их протаиванием геоморфологические процессы, как правило, быстро затухают [14].

Итак, новые данные о происхождении и распространении пластовых залежей подземного льда в Западной Сибири заставляют переоценить общее количество внутригрунтовых льдов на ее площади, а также относительную роль разных типов льда в криогенном строении равнины. Учет этого важного обстоятельства должен помочь в

разработке научно обоснованных мер, которые позволят осуществить задачи освоения Западной Сибири с минимальными потерями для ее природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов С.А., Астахов В.И., Волков И.А. и др. Палеогеография Западно-Сибирской равнины в эпоху максимума позднезырянского оледенения. Новосибирск, "Наука", 1980, 110 с.
2. Астахов В.И. Геологические условия захоронения плейстоценового глетчерного льда на Енисее. - Восьмой Всесоюзный гляциологический симпозиум. Льды и климат: реконструкция и прогноз. Тезисы докладов. М., 1984, с.88-89.
3. Баду Ю.Б., Трофимов В.Т., Васильчук Ю.К. [Основные закономерности распространения и типы пластовых залежей подземного льда в северной части Западно-Сибирской плиты.](#) - Пластовые льды криолитозоны. Якутск, 1982, с.13-24.
4. Втюрин Б.И. Подземные льды СССР. М., "Наука", 1975, 214 с.
5. Герасимов И.П. Охрана природы Севера Сибири. - Изв. АН СССР, сер. геогр., 1979, № 1, с.42-52.
6. Григорьев Н.Ф., Карпов Е.Г. К происхождению пластовой залежи подземного льда на р. Енисее у широты полярного круга. - Пластовые льды криолитозоны. Якутск, 1982, с.62-71.
7. 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, т.231, № 5, 1976, с.1185-1187.
8. Каплянская Ф.А., Тарноградский В.Д. Реликты плейстоценового ледникового покрова в области вечной мерзлоты как объект палеогляциологического изучения. - Восьмой всес. гляциол. симпозиум. Льды и климат: реконструкция и прогноз. Тезисы докладов. М., 1984, с.89-90.
9. Карпов Е.Г. [О происхождении мощных пластовых подземных льдов в низовьях Енисея.](#) - Геология и геофизика, 1984, № 1, с. 118-122.
10. Карпов Е.Г. Подземные льды Енисейского Севера. Автореф. канд. дисс. Институт мерзлотоведения СО АН СССР. Якутск, 1984, 22 с.
11. Крючков В.В. Чуткая Субарктика. И., «Наука», 1976, 136 с.
12. Пармузин С.Ю., Суходольский С.Е. Пластовые льды среднего Ямала и их роль в формировании рельефа. - Пластовые льды криолитозоны. Якутск, 1982, с.51-61.
13. Соломатин В.И. Структурно-генетический анализ и систематика подземных льдов. Автореф. докт. дисс. МГУ. М., 1983, 43 с.
14. Суходровский В.Л., Гросвальд М.Г. Актуальные вопросы охраны природы области вечной мерзлоты. - География и природные ресурсы, 1983, № 3, с.9-13.
15. Hamilton T.D. Relict Pleistocene glacier ice in northern Alaska. - Abstracts, 11-th annual Arctic Workshop, INSTAAR, Boulder, Colorado, 1982, p.25-26.
16. Molnia B.F. Subarctic glacial-marine sedimentation: a model. - Glacial-marine sedimentation. Plenum Press, New York and London, 1983, p. 95-144.
17. Raapton V.N., Mackay J.R. Massive ice and ice-sediments throughout Tuktoyaktuk Peninsula, Richards Island and nearby areas, District of Mackenzie. Geol.Surv.Can., Paper 71-21, 1971.

SUMMARY

The origin of thick beds of ground ice in West Siberia has been reconsidered on the basis of new publications and the authors field observations at the Ledyanaya Gora site. The available evidence suggests that the largest beds are of glacier origin: they are buried remnants of the last Kara Ice Sheet. Their preservation can be accounted for by the influence of Siberian permafrost. Volume of the ground ice stored in the beds, amounts to about 10,000 km³, which is only 1,5

times less than the total volume of present-day glaciers in the USSR. That kind of ground ice should become a subject of special glaciological studies. Similar remnants of former ice sheets preserved in permafrost have been discovered, in the north of Middle Siberia, Alaska and Canada. Besides, there are masses of ground ice of segregation, injection and wedge origin in all the regions. Occurrence of ground ice, especially of its thick tabular bodies, creates a variety of growing environmental problems for West-Siberian economic development. Destruction of vegetation and soils connected with this development leads to the changes in geothermal conditions of the earth's surface which, in turn, causes instantaneous degradation of natural landscapes. Possible measures of protecting the cryogenic landscapes are shortly discussed.

Ссылка на эту статью:



Гросвальд М.Г., Втюрин Б.И., Суходровский В.Л., Шишорина Ж.Г. Подземные льды Западной Сибири: происхождение и геоэкологическое значение // Материалы гляциологических исследований, 1985, № 54, с. 145-152.