

УДК 551.328.2(571.121)

М.М. Корейша, А.Н. Хименков, Г.С. Брыксина

ПЛАСТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДОВ В РАЙОНЕ ОЗ. НЕЙТО (П-ОВ ЯМАЛ)

Рассмотрены особенности формирования криогенного строения морских отложений в районе оз. Нейто. Выделяются стадии развития мерзлой толщи в зависимости от изменения физико-механических условий в ходе промерзания. Формирование и условия залегания подземных льдов пластового комплекса рассматриваются в связи с рядом процессов, последовательно сменяющихся на различных стадиях развития мерзлой толщи.

Как известно, генетическая трактовка основной массы наиболее крупных пластовых залежей подземного льда существенно отличается у разных авторов. К этой стороне исследований надо относиться объективно, не отбрасывая новых фактов, в рамках какой бы гипотезы они не были бы собраны.

Большое разнообразие морфологии и условий залегания крупных массивов подземных льдов нежилыного происхождения не укладывается в понятие «пластовая залежь». При исследовании подземных льдов в береговых обнажениях оз. Нейто мы смогли отнести к собственно пластовым только те крупные залежи льда, которые залегают согласно слоистости перекрывающих отложений. Термин «пластовый комплекс» более полно отражает общий характер залегания всей системы подземных льдов, включая текстурообразующие. Геологическое тело, вмещающее подземные льды, представляет собой хорошо выдержанный на значительных расстояниях горизонт, простираение которого несоизмеримо больше его мощности.

На примере хорошо изученного района оз. Нейто в данной работе будет сделана попытка проанализировать и восстановить ход процессов льдообразования на имеющемся фактической материале [Дубиков, Корейша, 1964; Баулин и др., 1967; Баулин, Дубиков, 1970; Трофимов и др., 1975].

Глинистая толща, вмещающая пластовые комплексы, представленная суглинками, глинами морского генезиса, обнажается в обрывах северо-западного берега оз. Нейто Первое и во многих пунктах побережья оз. Нейто Второе. Криогенное сложение толщи чаще всего однотипно и характеризуется тремя основными элементами: 1) пластовые тела подземного льда, залегающие согласно слоистости перекрывающих отложений; 2) мерзлые слоистые глины и суглинки с текстурообразующими льдами, перекрывающие пластовые тела; 3) ледяные и ледогрунтовые образования различных размеров и формы, разбивающие пластовые тела и залегающие совместно с ними в различных сочетаниях (рис. 1).

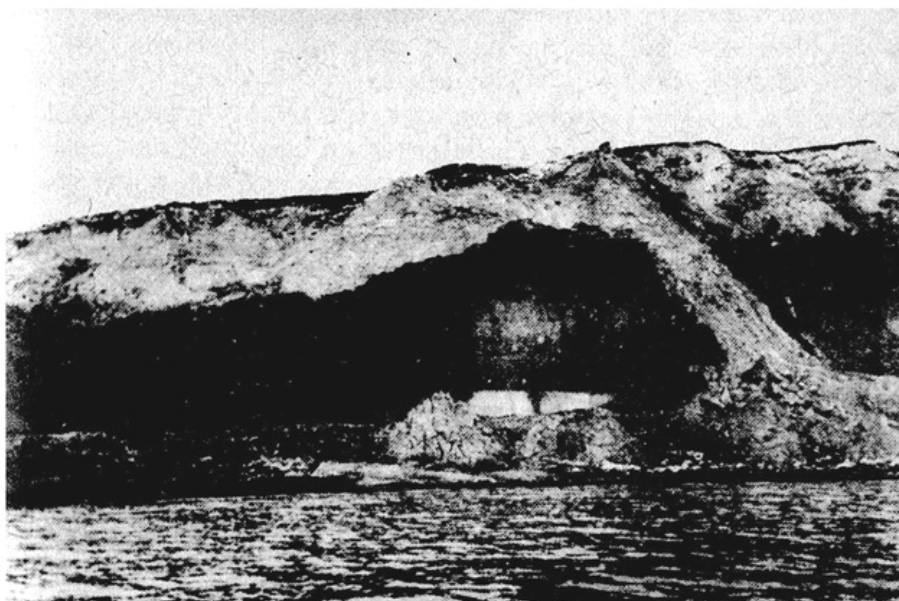


Рис.1. Общий вид строения пластового комплекса.

Пластовые тела подземного льда имеют размеры до нескольких сотен метров по простиранию и до 10 м видимой мощности. Контакт пластов льда с вышележащими отложениями залегает в общем согласно первичной слоистости последних. Иногда отмечается пологое куполовидное поднятие кровли пласта. Лед пластовых залежей имеет небольшое количество минеральных примесей. Включения газа распределены неравномерно, на отдельных участках их количество очень велико. В одном случае зоны с высоким содержанием газовых включений были приурочены к краевым частям пласта льда, размеры которого по простиранию достигали 500 м. Включения газа образовали четкую слоистость с переменным углом по отношению к контакту с кровлей от 30° вблизи него до 60° на глубине 3 м. Толщина слоев в среднем около 1,5 см. Газовые включения имели вытянутую форму и ориентированы нормально к слоистости.

Размеры кристаллов льда в различных пластах и в одном и том же пласте очень неоднородны, форма их чаще всего изометричная, реже - несколько вытянутая. Структура льда в целом аллотриоморфно-зернистая и гипидиоморфно-зернистая. Почти во всех случаях наблюдается уменьшение размеров кристаллов льда с глубиной от кровли пласта.

В зонах с высоким содержанием газовых включений размеры кристаллов заметно меньше, чем в более чистом льду, в первом случае объем среднего кристалла 5-20, во втором - 60-800 см³. Ориентировка оптических осей кристаллов льда выражена плохо, кроме отдельных зон, в частности, во льду со слоистостью за счет газовых включений, где до 80-90% кристаллов ориентировано нормально к плоскости слоистости.

Структура льда, характер распределения и форма воздушных включений в изученных пластовых залежах указывают на замерзание свободной воды (обыкновенный конжеляционный лед) в переменных условиях по характеру поступления различных ее объемов в зону кристаллизации, значениям и направлению температурного градиента [*Шумский, 1955; Втюрин, 1975*].

Строение глинистых отложений, перекрывающих пластовые тела льда, связано с формированием последних, что ранее уже отмечалось [*Дубиков, Копейца, 1964*]. Непосредственно над пластом льда в горизонте мощностью до 1 м чаще всего

наблюдается атакситовая криогенная текстура, объемная льдистость достигает 80%. Выше развита сетчатая текстура с преобладанием вертикальных и крутонаклонных шлиров льда. В этом горизонте отмечается плавное падение льдистости снизу вверх, от 70-80 до 10-20% в кровле горизонта.

Шлиры атакситовой текстуры нередко непосредственно связаны со льдом залежи, кристаллы которого проникают в эти шлиры. Не наблюдается какого-либо резкого, выдержанного контакта пластового тела и текстурообразующего льда. Но нельзя говорить и о полном единстве, слиянии этих видов льда, они могут быть разделены включениями газа, линзами, прослойками песка, сменой структуры.

Многие вертикальные шлиры в зоне атакситовой и сетчатой текстур имеют сложное строение, состоят из 2-3 зон кристаллов, отличающихся размером и геометрической ориентировкой. К границам зон приурочены минеральные включения, иногда создающие четкие осевые швы. Сложно построенные вертикальные шлиры толщиной 3-5 см образуют ячейки в форме многоугольника, длина сторон которых достигает 0,5-1 м. Внутри ячеек наблюдаются шлиры меньших размеров и более простого строения. Иногда наблюдается отчленение одной из кристаллических зон крупных ледяных шлиров и переход ее в виде самостоятельного шлира внутрь ячейки. Вблизи контакта со льдом пластовой залежи наблюдаются вертикальные шлиры, нижние части которых разветвляются на отдельные структурно однородные элементы, начинающиеся непосредственно от льда залежи. Выше, в едином вертикальном шлере каждый элемент давал свою зону кристаллов, отличную и резко отграниченную от соседней осевым швом.

В обоих текстурных горизонтах, в особенности в нижнем, наблюдаются многочисленные зоны дробления, в которых минеральные отдельности смещены и повернуты относительно друг друга, что хорошо заметно по несогласиям первичной слоистости породы.

Сложное строение текстурообразующего льда, очевидно, указывает на инъекционное воздействие снизу той же воды, которая формировала пластовую залежь. На участие инъекционного механизма в формировании криогенного строения осадков, перекрывающих пластовые залежи, указывалось и ранее [Дубиков, Корейша, 1964]. Очевидно, инъекции не были строго локализованы и интенсивны, выбирая уже сложившиеся механически более слабые зоны по первичным ледяным шлирам. Аналогом такого процесса равномерной, рассредоточенной деформации за счет давления снизу может служить описанное П.А. Соловьевым [1952] образование полигональной трещиноватости на первой стадии формирования булгунняхов. Значительное по площади пучение «пьедестала» будущего булгунняха приводит к образованию системы трещин, расстояния между которыми близки к размерам ячейки описанных выше криогенных текстур.

Ледяные и ледогрунтовые образования, залегающие несогласно с собственно пластовой залежью и слоистостью вмещающих отложений, весьма широко распространенный тип подземного льда в пластовом комплексе, иногда он имеет и самостоятельное значение. Эти образования представляют собой ледогрунтовые и ледяные тела, слоистые, сложно построенные, иногда очень прихотливых очертаний с различным объемным и пространственным соотношением льда и минеральных частиц. Размеры отдельных ледяных и ледогрунтовых тел этого типа варьируют в очень широких пределах, от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров; условия залегания и соотношение с первичной пластовой залежью также весьма неодинаковы, от пересечения последней на всю глубину под малым углом до резко несогласного залегания. Минеральные включения распределяются очень неравномерно, но чаще всего рассеяны в объеме льда, создавая более или менее

четкую слоистость. Размеры отдельных включений достигают обычно 2-5 мм, имеют вытянутую форму и представляют собой агрегаты песчаных пылеватых и глинистых частиц в различном соотношении. Встречаются и чисто песчаные включения. В теле некоторых слоистых образований наблюдались блоки чистого льда, размером до нескольких десятков сантиметров, резко отличающиеся по строению от вмещающей ледогрунтовой массы. В этих блоках структура льда ближе к структуре первичной залежи, но часто несет следы пластических деформаций, форма самих блоков сложная и неправильная. Встречаются и отдельные валуны размером 10-15 см в поперечнике совершенно неокатанные, рассеянные в ледогрунтовой толще. Структура льда в ледогрунтовых слоистых телах характеризуется неоднородностью размеров кристаллов, колеблющихся от 1 мм до 15 см в поперечнике, извилистостью границ, слабо выраженной ориентировкой оптических осей.

Граница таких ледогрунтовых и ледяных тел с вмещающей пластовой залежью всегда заметна, иногда четкая, сопровождается трещинами, заполненными льдом, сколами. Лед пластовой залежи вблизи границы с описываемыми телами имеют заметно меньше включений газа и кристаллы с извилистыми границами, резко отличаясь по структуре от льда той же залежи в удалении от контакта. Если подобное ледяное или ледогрунтовое образование (очевидно, инъекционного происхождения) пересекает участок пластового льда с большим количеством включений газа, то вблизи контакта происходит концентрация газа в более крупных (в десять и более раз) включениях, имеющих вытянутую, покривленную форму. Приведенные факты свидетельствуют об энергичных процессах динамометаморфизма в зоне инъекций, сопровождающихся течением льда под направленным давлением, режелацией и катаклазом.

Характер взаимодействия инъекционных образований с породами глинистой кровли отличается заметным многообразием и различной степенью их переработки, в зависимости от размеров и угла наклона ледяных и ледогрунтовых тел. Непосредственно над этими телами часто происходит деформация пород кровли, выражающаяся в виде куполовидных поднятий, антиклинальных складок первичной слоистости осадка. Чем дальше (выше) от контакта, тем деформация меньше, но зона деформаций - шире. Размеры зон деформаций различны, иногда 2 м высоты и 3 ширины. На самом контакте наблюдаются обрушения пород кровли, первичная слоистость как бы проседает, образуя синклиналию складку. Крайним выражением этого процесса являются блоки породы размером 0,5 м и более в поперечнике, с ненарушенным криогенным строением, полностью идентичным с вышележащими глинистыми породами. Эти блоки окружены инъекционным льдом со всех сторон, взвешены во льду. Наблюдались случаи, когда первичное криогенное строение пород кровли частично или полностью переработано. В одном разрезе при мощности инъекционного тела 10 см видоизмененная криогенная текстура непосредственно над ним в зоне контакта имела радиально расходящийся рисунок с толщиной шлиров, заметно большей, чем на соседних участках (рис. 2). В другом разрезе над участком инъекционного тела с большим углом падения его слоистости криогенные текстуры выше контакта были полностью переработаны на высоту 0,3 м, первичная слоистость осадка перемята в мелкие складки. Над участком того же тела с более пологим залеганием слоистости зона деформаций горизонта с криогенными текстурами выклинивается, но на контакте появляется слой толщиной около 5 см, состоящий из перетертой породы кровли и минеральных включений другого состава, привнесенных инъекцией. Инъекционные тела из относительно чистого льда, с малым количеством минеральных включений и газа, имели в общем аналогичный характер взаимодействия с вмещающей пластовой залежью и породами кровли.

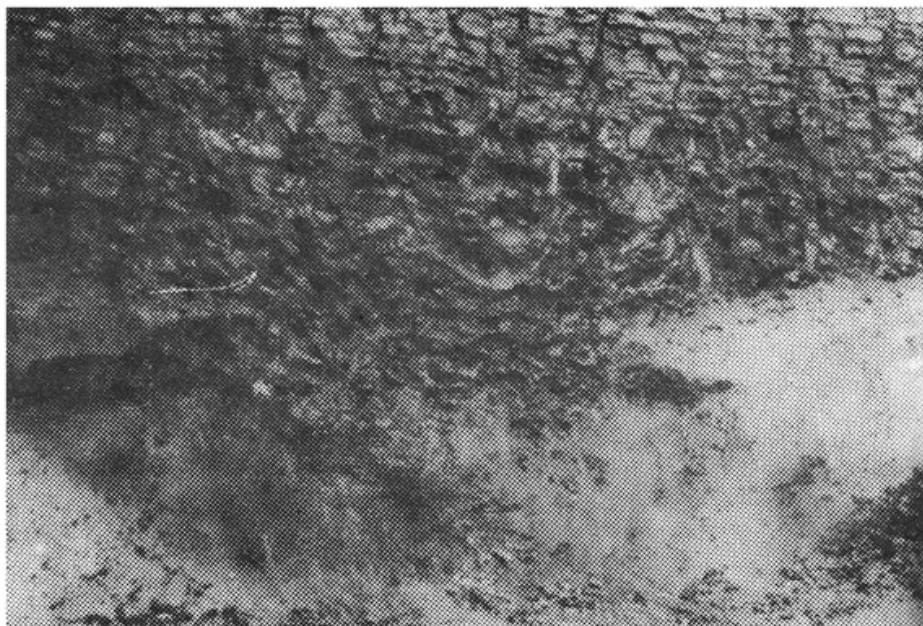


Рис.2. Формирование радиального рисунка криогенной текстуры в зоне деформации.

Приведенные фактические данные можно было бы существенно дополнить, но их, по нашему мнению, вполне достаточно для доказательства единства процесса формирования пластового комплекса, состоящего из трех описанных выше основных элементов. К такому выводу мы пришли ранее с Г.И. Дубиковым [1964], впоследствии он подтверждался в нескольких работах [Баулин, Дубиков, 1970; Баулин и др., 1967], в настоящее время накоплен большой материал по химическому составу воды всех элементов комплекса, также подтверждающий единство его происхождения [Дубиков, 1982]. Как уже отмечалось ранее, пластовый комплекс в целом является результатом промерзания свежих, недоуплотненных водных осадков, имеющих избыточную влажность. Однако для анализа конкретного характера, типа криогенного строения пластового комплекса при том или ином соотношении процессов диагенеза и промерзания такого общего заключения еще недостаточно. Поэтому нами делается попытка представить во времени чередование различных процессов, приводящих к последовательному формированию отдельных элементов пластового комплекса и, наконец, к окончательному созданию его в том виде, в каком его наблюдаем. Основой такого анализа, наряду с фактическим материалом, послужили известные данные о диагенезе водных, в том числе морских, осадков.

Можно выделить несколько закономерно сменяющихся стадий изменения физико-механических условий в толще промерзающих морских осадков и оценить соответствующие этим стадиям процессы, определяющие формирование различных элементов пластового комплекса.

Первая стадия соответствует началу промерзания осадка, верхние горизонты которого находятся на ранних этапах диагенеза. При этом формируется первичное криогенное строение и мерзлый экран, препятствующий удалению диагенетических вод из толщи в бассейн. В реальных условиях регрессирующего водоема в первую очередь будет идти промерзание на его более мелких участках (повышениях дна), сложенных, как правило, более грубодисперсными осадками, что приведет к

отжиманию воды из них и концентрации ее в наиболее благоприятных по условиям накопления воды участках.

На второй стадии при продолжающемся промерзании произойдет укрепление мерзлой кровли и дальнейшая концентрация грунтовых вод в благоприятных зонах без какого-либо существенного нарушения вмещающих отложений, но создается достаточный гидростатический (криогенный) напор, который приводит к экстенсивному процессу инъецирования воды вверх и созданию соответствующих криогенных текстур на базе первичных, сложившихся на первой стадии. Этот процесс при прогрессирующем промерзании и понижении температуры толщи будет способствовать не только общему укреплению мерзлых отложений, но и уплотнению их минеральных агрегатов. В тех зонах, где продолжается накопление воды под мерзлой толщей, может произойти расслоение на границе с талым осадком и выделение линз свободной воды, промерзание которых приведет к формированию пластовой залежи подземного льда. Нет необходимости в допущении накопления мощной линзы, пласта воды, что в общем мало вероятно, достаточно небольших объемов свободной воды при условии их пополнения в ходе промерзания из нижележащей переувлажненной толщи или с периферии.

На третьей стадии в ходе дальнейшего промерзания мощность и прочность мерзлой кровли, уже включающей пластовые залежи, будет увеличиваться, соответственно возрастет давление на подстилающие талые осадки, следствием чего будут локальные интенсивные инъекции переувлажненного осадка или относительно чистой воды в сформировавшуюся ранее пластовую залежь. Более вероятно внедрение именно в районе первичной пластовой залежи, так как здесь уже сложились ранее наиболее благоприятные условия для накопления воды. С другой стороны, неравномерность накопления воды приводит к неравномерному промерзанию, более быстрому в малообводненных периферических участках. Эта неравномерность может привести к замыканию объемов переувлажненного осадка, между мерзлой кровлей и водоупором (более тонкозернистым и уплотненным осадком, коренной породой), что будет способствовать возникновению значительных локальных зон повышенного давления.

На всех стадиях процесса формирования пластового комплекса подземных льдов особую роль должны играть песчаные горизонты, линзы, переслаивающиеся с глинистыми осадками. В песчаных отложениях и при диагенезе и при последующем промерзании концентрируется свободная вода. Такие водоносные горизонты являются «поставщиком» свободной воды. В изученных нами разрезах на оз. Нейто песчаные горизонты в видимой части льдовмещающей толщи не обнаружены. Однако в инъекционных ледяных и ледогрунтовых телах и даже выше в текстурообразующих льдах отмечается заметная примесь песчаных частиц. На границе пластовых залежей и глинистого горизонта часто встречаются разрозненные песчаные включения и более или менее выдержанные линзы и прослойки песка толщиной 5-7 см (нарушенные при инъекциях на второй стадии). Вероятно, во многих случаях расслоение осадка и выделение свободной воды шло на контакте глинистой толщи с водоносным горизонтом.

Очевидно, что предложенный стадийный ход процессов формирования пластового комплекса в том или ином районе может иметь свои особенности. Длительность отдельных стадий, их выраженность и соответственно криогенное строение могут существенно отличаться. При первоначально малой влажности осадка к моменту начала промерзания или после исчерпания запасов свободной воды на третьей стадии процесса льдообразования может идти путем сегрегации при миграции влаги в зону промерзания.

Использованный нами подход к исследованию подземных льдов при сочетании обычных геологических методов с некоторыми приемами структурного ледоведения не является новым. Следует обратить внимание на дальнейшее развитие методики комплексного исследования подземных льдов на этой основе, тем более, что до сих пор имеют место попытки определить генезис подземного льда, исходя из найденных признаков какого-либо одного механизма льдообразования, без тщательного геологического анализа или, что совсем неверно, по чисто внешним аналогиям отдельных элементов строения льда и вмещающей его породы с известными по генезису образованиям.

Литература

Баулин В.В., Еелопухова Е.Б., Дубиков Г.И., Шмелев Л.М. Геокриологические (мерзлотные) условия Западно-Сибирской низменности. - М.: Наука, 1967. - 21 с.

Баулин В.В., Дубиков Г.И. Пластовые залежи подземного льда. - Труды ПНИИИС. М., 1970, т. II, с. 175-193.

Втюрин Б.И. Подземные льды СССР. - М.: Наука, 1975. - 214 с.

Дубиков Г.И., Корейша М.М. [Ископаемые инъекционные льды на п-ове Ямал.](#) - Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1964, № 5, с. 58-65.

Дубиков Г.И. Парагенез пластовых льдов и мерзлых пород Западной Сибири - В кн.: Пластовые льды криолитозоны. Якутск: ИМ СО АН СССР, 1982, с. 24-42.

Соловьев П.А. Булгунняхы Центральной Якутии. - В кн.: Исследования вечной мерзлоты в Якутской республике. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952, вып. 3, с. 226-258.

Трофимов В.Т., Баду Ю.Б., Кудряшов В.Г., Фирсов Н.Г. Полуостров Ямал. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. - 278 с.

Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. -М.: Изд-во АН СССР. 1955. - 492 с.

Ссылка на статью:



Корейша М.М., Хименков А.Н., Брыксина Г.С. **Пластовые комплексы подземных льдов в районе оз. Нейто (п-в Ямал)** - В кн.: Пластовые льды криолитозоны. Якутск: ИМ СО АН СССР, 1982, с. 42-51.