

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

О ПРОИСХОЖДЕНИИ ПЛАСТОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ПОДЗЕМНОГО ЛЬДА НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Проблема формирования крупных масс подземного льда была и остается актуальной, особенно в связи с решением сложных инженерных задач при интенсивном хозяйственном освоении северных районов Западной Сибири, где подземные льды широко распространены. Кроме того, данные о подземных льдах и следах их былого развития используются при палеогеографических реконструкциях.

Большинство исследователей считает возможным внутригрунтовое формирование подземных льдов вследствие различных механизмов льдообразования, а также путем погребения наземных льдов разного происхождения. Работами П.А. Шуйского и Б.И. Втюрина показано, что для области развития многолетнемерзлых горных пород характерно преимущественное развитие первично-внутригрунтовых льдов, а погребенные льды, т.е. сформировавшиеся ранее на поверхности, встречаются реже, так как для их сохранения требуются определенные условия [*Втюрин, 1975; Шумский, 1955; 1959*].

Появление в последние годы новых данных о пластовых залежах подземного льда с трактовкой их генезиса как первично ледникового вызвали большой интерес палеогеографов. К сожалению, вне зависимости от количества и качества этих данных иногда делаются выводы о возможности массового захоронения ледниковых льдов на низменностях не только в субэвральных, но и в субквальных условиях [*Каплянская и Тарноградский, 1977; Соломатин, 1977*]. На основании данных по одному району подземные льды других районов, сходные по некоторым чертам морфологии, зачисляются в погребенные ледниковые.

Север Западной Сибири имеет длительную историю развития многолетнемерзлых горных пород и соответственно подземных льдов, генетически с ними связанных. Не подвергая сомнению все случаи находок погребенных льдов ледникового генезиса на низменностях, обратим внимание на те наиболее крупные массы пластовых подземных льдов, которые исследовались нами и другими сотрудниками ПНИИСа, а также сотрудниками других организаций с 1962 г. до настоящего времени [*Дубиков и Корейша, 1964; Трофимов и др., 1975*]. Эти исследования носили комплексный характер, применялись геолого-литологические, геоморфологические, геохимические, геофизические и некоторые структурно-петрографические методы. Наиболее изучены районы центрального и северного Ямала, получены также сведения о пластовых залежах подземного льда на Гыданском полуострове. Эти данные привели нас к заключению о внутригрунтовом генезисе основной массы подземных льдов этого района [*Дубиков и Корейша, 1964; Трофимов и др., 1975*]. Однако некоторые исследователи до сих пор относят расположенные здесь крупные залежи пластовых льдов к погребенным ледниковым [*Каплянская и Тарноградский, 1977; Соломатин, 1977*].

Не касаясь всего морфологического и, видимо, генетического разнообразия подземных льдов не жильного происхождения, встречающихся в отложениях всех литолого-фациальных типов разного возраста и положения в рельефе, ограничимся рассмотрением наиболее крупных, широко распространенных пластовых льдов в центральной части Ямала, залегающих в осадках водного генезиса: морских,

гляциально-морских, озерных. Размеры залежей этих льдов измеряются сотнями метров, иногда километрами по простиранию, при мощности от нескольких метров до 30 м, редко более 40 м. Характер залегания кровли у наиболее протяженных пластов в местах, не затронутых эрозией, термокарстом и склоновыми процессами, в общем спокойный, горизонтальный, слабонаклонный или полого-куполовидный. Следует признать, что при разведке этих льдов на больших площадях с помощью бурения и геофизических методов иногда возникают трудности с выделением и оконтуриванием слоев чистого льда. Часто обнаруживается не слой чистого льда, а хорошо выдержанный по простиранию горизонт льдистых отложений с пластами собственно льда и телами ледогрунта разных размеров и формы. Особенности залегания и строения таких крупных и сложно построенных залежей привели нас к необходимости ввести термин «пластовый комплекс», что отражает условия залегания льдистой толщи в целом. Отдельные ее элементы могут иметь различную морфологию, это не всегда пласт или линза, часто форма ледяного тела очень неправильна - в виде штоков, сложно изогнутых слоев. При хорошей обнаженности в естественных разрезах можно проследить и исследовать пластовые комплексы подземных льдов на значительных площадях.

Одним из таких мест на Ямале является район озер Ней-То. Здесь при близко расположенных естественных обнажениях можно проследить отдельные пластовые комплексы со всеми их элементами на протяжении 500 м и более. Общая протяженность берегов с выходами льдов измеряется километрами и десятками километров. Все осмотренные и изученные в более чем 30 обнажениях выходы подземных льдов свидетельствуют об очень близкой геологической ситуации, общей морфологии и условиях залегания отдельных элементов. На водораздельной поверхности под невыдержанным по мощности горизонтом песчаных отложений залегает пачка глинистых слоистых или скрыто слоистых осадков, более выдержанная по мощности - около 20 м, перекрывающая горизонт подземного льда видимой мощностью от 5 до 10 м. Глинистые осадки в этом районе имеют морской генезис, что подтверждается их химическим и минералогическим составом и находками фауны; их возраст - от верхнего до начала среднего плейстоцена [*Дубиков и Корейша, 1964; Трофимов и др., 1975*].

По криогенному строению четко и повсеместно выделяются три основные элемента: 1) пластовые тела подземного льда, залегающие согласно слоистости перекрывающих отложений; 2) мерзлые глины и суглинки с довольно однородной на разных участках системой сетчатых криогенных текстур, перекрывающие пластовые тела; 3) ледяные и льдо-грунтовые образования разных размеров и формы, залегающие, как правило, несогласно с первыми двумя элементами и рассекающие под разными углами пластовые тела. Эти тела имеют хорошо выраженный контакт с перекрывающимися осадками. Слагающий их лед имеет малое количество минеральных примесей, разное, часто неравномерное распределение включений газа, создающих на отдельных участках, чаще всего в краевых частях пласта, хорошо выраженную слоистость с меняющимися по глубине углами падения. Структура льда характеризуется разными размерами кристаллов - от 0,5-1 до 10 см и более в поперечнике, их форма обычно изометричная, реже кристаллы несколько вытянуты; оптические оси ориентированы по нормали к плоскости слоистости, в неслоистых частях пласта она выражена слабо. Такая структура, по нашему мнению, свидетельствует о том, что лед является обыкновенным конжеляционным. Формирование его, видимо, связано с переменным по темпу и количеству поступлением свободной воды к фронту промерзания в неоднородных по

температурному режиму условиях с изменением направления и значений градиента температуры.

Криогенные текстуры перекрывающего горизонта отражают первично сегрегационные черты их формирования при промерзании сверху и воздействие снизу свободных грунтовых вод, формирующих пластовые элементы комплекса. Следы этого воздействия многообразны: единство кристаллической структуры ледяных шлиров с подстилающим льдом в зоне у их контакта, увеличение общей льдистости глинистого горизонта сверху вниз, преобладание вертикальных и крутонаклонных шлиров, увеличение их толщины книзу.

Третий элемент комплекса - ледяные и льдо-грунтовые образования различной формы и условий залегания - пронизывает, очевидно, первичную по отношению к ним залежь, а иногда имеет и самостоятельное значение в разрезе. Размеры этих образований колеблются от десятков сантиметров до десятков метров. В определенной зависимости от угла падения и размеров ледяных и льдо-грунтовых тел наблюдаются разные по форме и интенсивности деформации вмещающего льда пластовой залежи и пород кровли. Деформированными на значительную высоту и ширину оказываются как сами текстурные элементы, т.е. шлиры, так и первичная слоистость перекрывающего осадка. Наблюдается и обратное направление процесса, т.е. деформации проседания пород кровли в подстилающий лед. Наиболее ярким проявлением этого процесса являются случаи залегания блоков перекрывающей породы с ненарушенными в их средней части криогенными текстурами в подстилающем льду. Эти блоки размером до 0,5 м и более в поперечнике как бы взвешены во льду, окружены им со всех сторон. Контакты ледяных и льдо-грунтовых тел с вмещающим льдом несут следы самых различных деформаций, вплоть до плавления и катаклаза. Признаком присутствия воды служат также упомянутые выше проседания. Однако эти деформации не распространяются далеко от контакта, постепенно затухая в зоне шириной до нескольких десятков сантиметров. Структура льда ледяных и льдо-грунтовых тел, очевидно, в основном инъекционного происхождения, также носит следы деформаций, динамометаморфизма и термометаморфизма, ее неоднородность в общем значительно больше, чем у собственно первичной пластовой залежи, по размерам кристаллов, распределению и размерам включений газа и минеральных частиц.

Единство пластового комплекса, включая и горизонт глинистых осадков с криогенными текстурами, кроме морфологии, подтверждается качественной близостью химического состава воды из всех его элементов. Отличия в общей минерализации связаны с количеством минеральных включений во льду и, очевидно, с различной степенью метаморфизма самих вод при тех или иных условиях кристаллизации льда. Ионный состав свидетельствует о формировании вод в опресненном морском бассейне.

При исследованиях в 60-х годах мы пришли к выводу о формировании пластовых комплексов в районе озер Ней-То и аналогичных образований в бассейнах рек Юрибей, Се-Яха, Морды-Яха на Ямале и в других районах севера Западной Сибири при промерзании недоуплотненных, перенасыщенных влагой морских, прибрежно-морских и, вероятно, ледниково-морских осадков [Дубиков и Корейша, 1964]. Материалы тех лет и в особенности полевые исследования 1977-1978 гг. привели нас к более полной и развернутой гипотезе стадийного формирования пластового комплекса на основе известных положений теории диагенеза морских и озерных осадков и анализа соотношения процессов диагенеза с процессами, идущими при промерзании. Здесь мы имеем возможность изложить эту гипотезу в самом общем виде.

Промерзание осадков, находящихся на той или иной стадии диагенеза, идет в толще, насыщенной неодинаковым количеством свободной и связанной воды, при разном соотношении этих вод. Известно, что на ранних стадиях диагенеза при мощности осадка до 100 м процессы дегидратации освобождают значительные количества воды, часть которой ранее была связанной. Поток диагенетических вод направлен снизу вверх. Накладывающееся на этот процесс неравномерное и длительное промерзание приводит к существенному изменению пространственного соотношения зон накопления воды и к общему изменению характера и скорости протекания многих физико-механических процессов. Можно выделить несколько этапов развития комплекса, отличающихся соотношением различных процессов и соответственно набором разных по строению ледяных элементов.

На первом этапе промерзания осадка формируется первичное криогенное строение в его верхних горизонтах и создается мерзлый «экран», изолирующий отжимающуюся в процессе диагенеза свободную воду и препятствующий ее выделению в бассейн. В реальных условиях регрессирующего бассейна в первую очередь промерзание идет на более мелких участках дна, что приводит к отжиманию части воды и концентрации ее в других, более благоприятных для накопления участках.

На втором этапе промерзания происходит укрепление мерзлой кровли и дальнейшая концентрация диагенетических, грунтовых вод в благоприятных для этого зонах. С другой стороны, создается достаточно большой гидростатический, т.е. криогенный напор, который приводит к инъекционному воздействию на уже сложившиеся в перекрывающем горизонте криогенные текстуры. За счет инъекционной достройки криогенной текстуры и понижения температуры в ходе промерзания толща мерзлого осадка уплотняется. В тех зонах, где продолжается накопление свободной воды, начинает формироваться пластовая залежь. При этом не обязательно, да и мало вероятно, скопление больших масс свободной воды, достаточно определенного ее избытка в переувлажненном осадке и накопления за счет движения воды не только снизу, но и по горизонтали за счет неравномерного промерзания.

На третьем этапе промерзания прочность мерзлой кровли, уже включающей пластовые ледяные тела, будет увеличиваться, давление тоже станет значительнее, что может привести к локальным, но достаточно мощным инъекциям переувлажненного осадка или относительно чистой воды. Можно говорить и о последующем, четвертом этапе промерзания более глубоких и уже существенно обезвоженных горизонтов отложений, где идет сегрегационное льдообразование вследствие миграции связанной влаги в зону промерзания. Этот этап может иметь и самостоятельное значение в случае промерзания отложений на поздних стадиях диагенеза.

Очевидно, что в предложенной стадийной схеме в зависимости от конкретных литолого-фациальных условий могут существенно меняться длительность и интенсивность отдельных процессов и соответственно криогенное строение комплекса в целом. Предложенная гипотеза не претендует на универсальность - важно ее методологическое направление. Исследование подземного льда требует всестороннего анализа всех условий его формирования: тектонических, литолого-фациальных, климатических, геоморфологических, геохимических. Это относится и к исследованиям подземных льдов предположительно первично-ледникового генезиса. В последнем случае необходимо восстановить геологические условия субаквального или субаэрального погребения льда с реальной оценкой теплофизической возможности этого процесса.

Очень заманчивые попытки объяснить генезис подземного льда действием одного механизма льдообразования, к сожалению, далеко не всегда могут привести

даже к частному, региональному решению проблемы, не говоря уже о ее общем решении. Ошибки, связанные с такими попытками, глубоко проанализированы П.А. Шумским [1955]. Наблюдаемое сложное строение подземных льдов, в особенности пластовых комплексов, требует иного подхода. Хорошо известно, что каждое природное ледяное образование - ледник, наледь, подземный лед - состоит из петрографически разных типов льда, а отдельные виды льдов могут встречаться в различных природных ледяных телах. Соотношение петрографически разных типов льда в данном природном образовании определяется общими зональными условиями и региональными особенностями природных условий [Втюрин, 1975; Шумский, 1959].

Петрографические методы исследования льда сами по себе, без применения других методов, о которых говорилось выше, не могут дать исчерпывающего ответа на вопрос о генезисе данного ледяного образования в целом. С этой точки зрения поиски чисто внешних аналогий в строении, например, ледниковых метаморфических льдов и деформированных подземных являются методической ошибкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Втюрин Б.И. Подземные льды СССР. М., «Наука». 1975. 213 с.
2. Дубиков Г.И., Корейша М.М. [Ископаемые инъекционные льды на п-ове Ямал](#) // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1964. № 5. С. 58-65.
3. Каплянская Ф.А., Тарноградский В.Д. К проблеме образования залежей реликтового глетчерного льда и сохранения изначально мерзлых морен // Известия Всесоюзного географического общества. 1977. Т. 109. Вып. 4. С. 314-319.
4. Соломатин В.И. Ископаемые реликты ледникового льда на севере Западной Сибири // Материалы гляциологических исследований. 1977. Вып. 29. С. 233-240.
5. Трофимов В.Т., Бадю Ю.Б., Кудряшов В.Г., Фирсов Н.Г. Полуостров Ямал. М., Изд-во МГУ. 1975. 277 с.
6. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. М., Изд-во АН СССР. 1955. 492 с.
7. Шумский П.А. Очерк истории исследования подземных льдов. Якутск. 1959. 53 с.

SUMMARY

Complex studies of the underground ice beddings in the north of Siberia, coinciding with marine, glacio-marine and lacustrine sediments, revealed that the largest and mostly wide-spread ice of this type is genetically connected to epigenetic freezing of the corresponding sediments. Freezing spread over subaqueous sediments at the diagenesis phase and underwent several stages, each of them had quite different physics-mechanical conditions of the sedimentation sequence, which were reflected in the cryogenic structure of permafrost and combination of petrographically different types of ice. In the best known area of the Central Jamal the composition, structure of co permafrost and the ratio of various elements of its cryogenic structure point to identical origin of the whole complex of the underground ice, among them ice inclusions of the clay horizon, overlapping the stone ice.

Ссылка на статью:



Корейша М.М., Хименков А.Н., Брыксина Г.С. О происхождении пластовых залежей подземного льда на севере Западной Сибири // Материалы гляциологических исследований. 1981. № 41. С. 62-66.