

УДК 551.341

В.А. Усов**ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПЕРИОД БОРЕАЛЬНОЙ ТРАНСГРЕССИИ НА ТЕРРИТОРИИ АРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЕНИСЕЙСКОГО СЕВЕРА**

Отложения бореальной трансгрессии на севере Западно-Сибирской низменности составляют основную часть разреза многолетнемерзлой толщи. Их изучение открывает широкие возможности для подробных палеогеографических реконструкций. Одним из наименее разработанных является вопрос о времени и характере промерзания морских отложений. Возникающая в связи с этим проблема взаимодействия вечной мерзлоты и моря до сих пор решалась без учета новейших исследований в современных морях Арктики и Антарктики. В частности, большинство авторов относили время образования ныне существующей многолетнемерзлой толщи, сложенной морскими осадками, к периоду, когда на территории арктической части низменности господствовали континентальные условия [*Попов, 1953; Шевелева, 1964; Стрелков, 1965*]. Только в последних работах В.В. Баулина [*1965*] и Е.М. Катасонова [*1965*] поставлен вопрос о промерзании морских отложений в санчуговско-казанцевское время.

В настоящей статье, на основании изучения криогенного строения отложений бореальной трансгрессии Енисейского Севера, делается попытка реконструкции их промерзания в период господства морских условий. Основное внимание уделено той части морской толщи, которая носит название санчуговской и казанцевской свит, формировавшихся в период, последовавший за максимальным оледенением и частично совпавший с его тазовской стадией. Синхронность тазовской стадии оледенения и санчуговской трансгрессии в настоящее время признана большинством исследователей [*Марков и др., 1965*, и др.], в том числе и решением Совещания по разработке унифицированной схемы стратиграфии четвертичных отложений в Западной Сибири (1960 г.).

Санчуговские отложения представлены глинами и суглинками с прослоями песков и включениями валунов и гальки. Резкая смена фаций по простиранию отмечается в районе дельты р. Енисей, где отложения нижней и средней сублиторали часто переходят в мелководные и прибрежно-морские. Санчуговские отложения бедны фауной, особенно в сильнольдистых слоях, - факт, до настоящего времени не нашедший объяснения. По нашему мнению, отсутствие фауны связано с выхолаживающим действием края ледника и айсбергов, что наблюдается в настоящее время и в Гренландии [*Фрейхен, 1961*]. Ниже будет показана связь этого явления с повышенной льдистостью отложений.

Казанцевская свита формировалась, по-видимому, в регрессивную фазу бореальной трансгрессии. Преимущественно песчаные осадки этой свиты залегают на санчуговских либо с размывом, либо без него, что отражает сложную фациальную обстановку в конце санчуговского времени. Многочисленные линзы глинистых

отложений в песчаной казанцевской толще указывают на широкое развитие в то время берегов лагунного и бухтового типов.

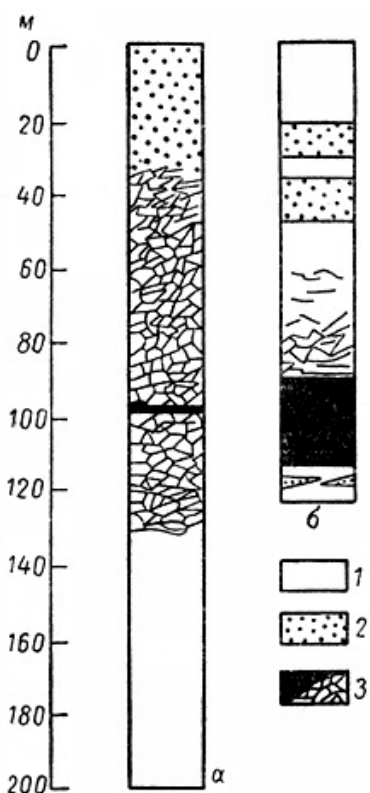


Рис. 1. Разрезы льдонасыщенных глинистых отложений средней и нижней сублиторали санчуговского моря (по скважинам 25-М и 34 НИИГА).

1 — глины и алевриты; 2 — пески; 3 — лед.

Как санчуговская, так и казанцевская эпохи отличались суровостью климата. Однако вопрос о времени и способе промерзания морских отложений этого периода не может быть однозначно решен на основе анализа одной палеоклиматической обстановки. Только криогенное строение осадочной толщи - объем, форма и в особенности характер залегания ледяных включений - позволяет восстановить условия ее промерзания.

Многочисленные скважины, вскрывающие толщу морских отложений в арктической части Западно-Сибирской низменности, обнаруживают льдонасыщенные горизонты и мощные слои льда, залегающие среди суглинков и глин. Примером может служить скважина № 25-М, пробуренная Усть-Енисейской экспедицией НИИГА и вскрывшая в интервале от 30 до 130 м насыщенные льдом глины и суглинки (содержание льда - более 50% к общему объему породы), подстилаемые более чем 70-метровой толщей однородных глинистых отложений. Лед образует частую толстостенную решетку. Отдельные слои льда достигают мощности 0,7-0,9 м. Порода имеет затхлый запах, характерный для застойных бассейнов обособленного шельфа - бухт, лагун, фиордов, особенно в приледниковых районах, где сходные отложения слагают так называемую лагунно-ледниковую формацию [Зубаков, 1965; Панов, 1958]. Показательно, что одновременно с обильными ледяными включениями в разрезе появляются валуны, исчезающие вместе с

сильнольдистой толщей (рис. 1, а).

Другим видом разреза мерзлой толщи, сложенной санчуговскими отложениями, является мощное ледяное тело, подстилаемое глинистыми либо супесчаными осадками.

Впервые такой лед был описан В.Н. Саксом [1940] по скважине 6, у пос. Усть-Порт. Лед имел пористое строение, местами загрязнен. Его мощность достигала 20 м. Около пос. Малая Хета, на левобережье дельты Енисея, скважиной был вскрыт такой же лед мощностью 13 м. На междуречье р. Соленой и М. Хеты слой льда мощностью 15,5 м пройден скважиной 34. Здесь он подстилался супесями и суглинками с маломощными прослоями песка, был слегка загрязнен, имел рыхлое, пористое сложение. Диаметр пор достигал нескольких сантиметров (рис. 1, б). Во льду найдена морская микрофауна: *Elphidium orbiculare* (Brady), *Elphidium clavatum* Cushman, *Elphidium* sp. (определение В.Я. Слободина). Указанные виды относятся к широкораспространенным на сублиторали субарктических и арктических морей.

Исследования последних лет показали, что в районе дельты Енисея широко развиты ледниково-морские отложения санчуговского возраста [Марков и др., 1965; Суздальский, 1966 и др.]. Часть их относится к отложениям обособленных бухт, заливов и лагун, заполнявшихся шельфовым льдом. В этом нас убеждает широкое

развитие здесь островных фаций и осадков мелководья [*Стрелков, 1965; Суздальский, 1966*], переходящих по простиранию в глинистые слои, формировавшиеся в нижней и средней сублиторали. Подобные разрезы мы наблюдали, в частности, в районе пос. Воронцово, в береговых обрывах Енисейского эстуария. Современные обособленные бассейны, заполненные льдом, описаны в прибрежных районах Антарктиды Д.Г. Пановым [*1958*].

Установлено, что шельфовый ледник, лежащий на морском дне, формируется всегда на твердом основании - чаще всего на слое донного льда. Образование последнего требует переохладения придонных слоев воды, что легче всего достигается при солености менее 24 ‰ и при участии сползающего в море ледника. Сам ледник служит источником охлаждения воды и дна. Прямые измерения температуры в шельфовых ледниках Антарктиды показали, что на глубине 40 м она составляет -22° (ледник Росса), на глубине 100 м -16° [*Буйницкий, 1958*]. В последнем случае точка измерения лежала на 63 м ниже уровня моря, т.е. на уровне средней или нижней сублиторали. Приведенные данные подтверждаются измерениями в арктических ледниках, на основании которых В. Маттеус и Дж. Маккэй [*Mathews & Mackay, 1960*] пришли к выводу о возможности промерзания донных отложений под подошвой спускающегося в море ледника.

С другой стороны, работами Северной экспедиции Института мерзлотоведения Сибирского отделения АН СССР, в которых принимал участие автор, установлено широкое развитие многолетнемерзлых отложений на шельфе арктических морей. Уже теперь ясно, что многолетнемерзлая толща не обрывается за пределами континента, а слагает значительную часть подводных цоколей суши. При образовании донных ледяных тел она, в свою очередь, способствует их длительному сохранению и переходу в многолетнемерзлое состояние. Приведенные данные позволяют по-новому подойти к решению вопроса о формировании льдонасыщенных горизонтов и ископаемых льдов в санчуговских отложениях нижней и средней сублиторали.

Следует указать, что в настоящее время существуют две теории, различно объясняющие образование залежей подземного льда в мерзлых толщах морского происхождения. Первая из них - инъекционная - предполагает внедрение больших масс воды из водоносных песчаных горизонтов в промерзающие слои [*Втюрин, 1963*]. Основным генетическим признаком инъекционного льда являются большой объемный вес (плотность) и залегание по соседству с крупносkeletalными отложениями.

Другая теория, предложенная Е.М. Катасоновым [*1965*], основана на его наблюдениях в арктических морях и выводах о сингенетическом промерзании прибрежно-морских субаквальных отложений. Согласно этой теории, морские льды поверхностного происхождения в летнее время могут погружаться в разжиженный донный осадок, примерзая к подстилающим его многолетнемерзлым отложениям, и постепенно перекрываются сингенетически промерзающими более поздними отложениями.

В случаях, рассматриваемых выше, инъекционная теория не может быть применена, во-первых, потому, что в разрезах большинства скважин, вскрывших мощные ледяные тела и льдистые породы, отсутствуют или почти отсутствуют песчаные горизонты. Часто песок слагает лишь маломощные прослои. Особенно показателен в этом отношении разрез по скважине 25-М (рис. 1, а). Во-вторых, лед, вскрываемый этими скважинами, имеет весьма рыхлое строение и изобилует крупными порами, что отнюдь не характерно для инъекционных льдов.

Объяснение Е.М. Катасонова представляется более приемлемым для разрезов подобного типа. Однако следует учитывать, что рассматриваемые отложения являются, как правило, относительно глубоководными, так что трудно представить

себе погружение в них плавучего льда. Кроме того, мощность ледяных прослоев (15-20 м) намного превышает максимальную мощность ледяного покрова арктических морей. Воздействие ледника на образование мощных льдистых толщ и ледяных тел в данном случае очевидно.

По нашему мнению, ледяные тела в санчуговских отложениях являются остатками донного ледяного покрова застойных бассейнов обособленного шельфа. Они состоят из ледникового и донного льда, образовавшегося при стекании в море конфлюэнтных шельфовых ледников. Глинистые отложения средней и нижней сублиторали промораживались при этом в субаквальных условиях как сверху (со стороны ледяного тела), так и снизу, и сбоку (со стороны многолетнемерзлой толщи подводного цоколя суши). Прослой чистого пористого льда сохранились после отступления ледника. Значительная часть донноледникового покрова растворилась в морской воде. Отметим, что высокая пористость является одним из признаков донного льда и не свойственна подземным льдам иного генезиса. Захоронение всех видов льдистых толщ на дне моря обеспечивалось после отступления ледника отрицательными температурами донных отложений, часть которых находилась в мерзлом состоянии, часть в морозном (имея отрицательную температуру, они не содержали ледяных включений), а в дальнейшем - обмелением моря и промерзанием всей толщи прибрежных отложений.

В этой связи следует отметить, что крупные ледяные тела и льдистые слои встречаются в описываемом районе только до глубины 100-130 м, хотя мощность рыхлых морских отложений достигает здесь 200, а многолетнемерзлой толщи 500 м. Основываясь на литературных данных, мы произвели расчет мощности зоны отрицательных температур под дном санчуговского моря по формуле А.Г. Лэченбрука [*Zachenbruch, 1957*], выведенной им специально для расчета мощности охлажденных пород под дном арктических морей. В качестве исходных данных принята температура придонных слоев воды $-1,5^{\circ}\text{C}$ [*Гудина, 1965*], мощность многолетнемерзлой толщи на берегах - 500 м [*Шарбатян, 1962*], что соответствует на современном арктическом побережье температуре горных пород у подошвы слоя годовых колебаний около -10°C . Расчеты показывают, что нулевая изотерма под дном санчуговского моря располагалась на глубине 80-120 м от поверхности дна (без учета действия ледника, т.е. после его отступления). На глубинах, превышающих 120 м, мерзлые породы и льды сохраниться не могли, что вполне согласуется с многочисленными данными бурения на севере Западно-Сибирской низменности.

В случае если наше мнение верно, легко объясняется и отсутствие фауны в льдистых горизонтах, и связь этого явления с деятельностью шельфовых ледников.

Разумеется, предлагаемая гипотеза требует дальнейших исследований и дополнительных доказательств, однако в ней отсутствуют противоречия, присутствующие в инъекционной гипотезе, и преодолеваются трудности, возникающие при применении теории Е.М. Катасонова к относительно глубоководным отложениям санчуговского моря.

Распространение многолетнемерзлых отложений под дном моря в санчуговское время носило, как показано выше, островной характер. В пределах открытого шельфа, за внешним контуром полузамкнутых бассейнов, преобладали, по-видимому, морозные отложения. В казанцевское время, по мере обмеления моря, на участках, где лед смерзался с дном, температуры донных отложений понижались до точки замерзания морской воды и ниже. Это привело к образованию почти непрерывных по простиранию многолетнемерзлых толщ, относимых Н.Ф. Григорьевым [*1964*] к шельфовому типу.

Разрезы этих более молодых санчуговско-казанцевских отложений показывают, что захоронение морского льда на мелководье было развито довольно широко. Мы основываемся в данном случае на тех разрезах, где ледяные прослои перекрываются и подстилаются выдержанными глинистыми слоями, что исключает применение инъекционной теории. Так, в районе Сопочной Карги скважиной 3-К НИИГА был вскрыт слой льда мощностью 8,0 м, перекрытый льдистыми супесчано-суглинистыми отложениями и подстилаемый толщей глин мощностью более 28,0 м. Вмещающие породы имеют санчуговско-казанцевский и казанцевский возраст. Есть все основания считать, что этот лед представляет собой остатки донного или поверхностного ледяного покрова казанцевского моря. Его захоронение было вызвано сингенетическим промерзанием лагунных или иных прибрежно-морских отложений, так называемых береговых глин. В этих условиях в ископаемое состояние может переходить смерзающийся с дном многолетний припай, что кажется нам более вероятным, чем погружение плавучих льдин в донный осадок.

Одним из наиболее распространенных проявлений вечной мерзлоты в прибрежно-морских казанцевских отложениях являются первично-грунтовые жилы и псевдоморфозы по жильным льдам. В приобской части низменности эти образования описаны В.В. Баулиным [1965]. В приенисейской части они были встречены нами в тех же горизонтах, причем в некоторых случаях в перекрывающих их слоях ваттовых отложений найдена морская фауна. Грунтовые жилы имеют все признаки сингенетического роста, а отогнутые в сторону нижние концы их свидетельствуют о формировании части жил в слое сезонного протаивания, у кровли многолетнемерзлой толщи.

Выше указывалось, что среди казанцевских песков встречаются линзы глинистых лагунных отложений. Их мощность достигает 10-20 м и более. В качестве примера их криогенного строения, свидетельствующего о субаквальном промерзании, приведем разрез обнажения на левом берегу р. Б. Хеты, в 120 км от устья (рис. 2). Здесь на участке берега длиной около 50 м мелководные и субаэральные песчаные отложения переходят по простиранию в толщу суглинков, видимой мощностью более 8,0 м. Их подошва уходит под урез воды. Суглинки имеют темно-серый, до черного, цвет, однородны, неслоисты, содержат кремнисто-известковые конкреции округлой формы. Порода насыщена льдом до 100-120% (к сухой навеске). Лед образует однородную по всей мощности слоя, слегка сплюснутую по вертикали угловатую решетку с размером ячеек 1-2 см и мощностью ледяных шпиров до 5 см. Последние иногда образуют несливающиеся ломаные прослои. Признаков резкого изменения льдистости и расположения прослоев, указывающих на инъекцию извне, не обнаружено. На немногочисленных контактах с песком, которые удалось изучить, вблизи песчаного слоя содержание льда заметно падало.

Суглинки перекрываются с размывом сначала супесями с галькой, затем песками (рис. 2, слой II-III). В последних встречена грунтовая жила. В пылевой супеси решетчатая криогенная текстура постепенно сменяется тонкой линзовидной и линзовидно-сетчатой, характерной для ваттовых отложений, промерзающих сингенетически [Усов, 1966].

Формирование толстостенной мелкоячеистой криогенной текстуры суглинистого слоя (рис. 2, слой I) связано, по-видимому, с их субаквальным промерзанием. Под дном прибрежных лагун многолетнемерзлые породы часто залегают глубже подошвы слоя сезонного промерзания. Расчеты на гидроинтеграторе показывают, что эту стадию несливающейся мерзлоты проходит мерзлая толща даже на отмелях берегах [Григорьев и Иванов, 1965]. В районе м. Лескина мы наблюдали четырехметровый слой немерзлых отложений над толщей сцементированных льдом

песков в неглубокой впадине подводного склона, в 200 м от берега, при глубине воды 0,7-1,0 м; лишь верхние 1,5-2,0 м этого слоя промерзают зимой.

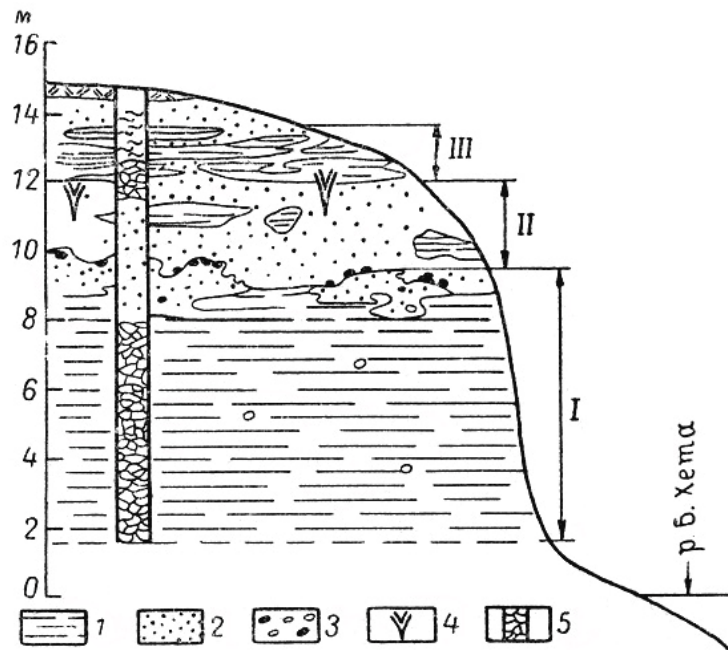


Рис. 2. Криогенное строение лагунных и ваттовых казанцевских отложений (обнажение на р. Б. Хета).

1 — суглинки; 2 — пески и супеси; 3 — галька; 4 — грунтовая жила; 5 — характер криогенной текстуры. I, II, III — слон.

При таком неполном промерзании сверху и снизу, между сезонно- и многолетнемерзлыми слоями ежегодно возникает объем водонасыщенных отложений, в которые, по мере сближения мерзлых слоев, идет напорная миграция свободной воды. В тот год (или годы), когда оба слоя сливаются, свободная вода замерзает под некоторым повышенным давлением. Наиболее высокое давление должно возникать в толще донных отложений замкнутых бассейнов типа лагун или отмирающих бухт. При этом в условиях стационарного положения контактов в замкнутых объемах могут выделяться крупные линзы льда. В нестационарных условиях мелеющей лагуны, при постоянном повышении дна и многолетнемерзлой кровли, образуются более мелкие ледяные тела, сливающиеся в решетку с грунтовыми ядрами. В других случаях действует эффект промерзания снизу, с образованием ломаных ледяных прослоев, проникающих в талый осадок, как это имеет место при сингенетическом промерзании озерных отложений [Катасонов, 1962]. В настоящее время трудно сказать, какой процесс при этом преобладает, однако очевидно, что наиболее мощные ледяные шпильки требуют для своего образования повышенных давлений в замерзающем субстрате, за счет которого происходит дополнительное накопление свободной воды.

Этот процесс играет, по-видимому, особенно важную роль при промерзании отложений глубоких лагун и мелеющих бухт, содержащих в мерзлом состоянии мощные (до 0,5 м) ледяные прослои. Отложения мы наблюдали в низовьях р. Б. Хеты, в районе пос. Семеновского, где они слагают верхние 10-15 м водораздельных участков, прилегающих к долине. Они перекрыты лишь полуметровым слоем мелкозернистого песка.

Лед в них образует неправильные ветвистые линзочки, толщиной 1-5 мм, и скопления изометричных кристаллов (в верхних 5,6 м). Иногда намечается решетчатая

криогенная текстура. На глубине 5,6 м содержание льда резко возрастает (до 95% к сухой навеске). В интервале от 5,6 до 10,0 м весовая влажность колеблется между 45 и 95% (к сухой навеске). Прослойки и гнезда льда сближаются, образуя слои мощностью 0,1 м и более, с заключенными во льду грунтовыми примесями. Расстояние между такими скоплениями составляет 0,1-0,2 м. В нижней части глинистой толщи льдистость постепенно уменьшается.

Сходные ледяные включения мы наблюдали в двух случаях: в современных озерных отложениях, залегающих среди сингенетически промерзающих аллювиальных отложений небольших рек Южной Якутии [Усов, 1963], и в лагунных отложениях о. Вилькицкого (Карское море). По-видимому, такие неправильные скопления льда характерны для донных осадков многих замкнутых водоемов, промерзающих в субаквальных условиях, на стадии раннего диагенеза, с участием напорной миграции свободной воды. При этом движение влаги ограничивается замкнутым объемом водонасыщенных илов, иногда исключительно глинистых. Чаще всего, как в вышеописанном случае, с помощью бурения можно легко обнаружить полное отсутствие связи этих ледяных включений с водоносными песчаными горизонтами. Это служит гарантией того, что глинистые отложения промерзали не по эпигенетическому типу. По всей вероятности, и в большинстве тех случаев, когда льды залегают на границе глинистых и песчаных слоев, они также являются либо погребенными, либо субаквальными образованиями - простая смена вида отложений еще не служит достаточным доказательством инъекции воды извне, на стадии эпигенеза. К сожалению, это не всегда учитывается в работах, посвященных подземным льдам.

То обстоятельство, что в формировании описанных выше ледяных включений большую роль играла напорная миграция влаги *внутри* данного объема, позволяет, используя общепринятую терминологию, назвать этот процесс инъекцией, но инъекцией внутренней или *автоинъекцией*. Структура льда может быть близкой к структуре типичных инъекционных льдов (гидролакколиты и др.), но фациальный анализ вмещающих отложений, их размещение в пространстве позволяют отнести их к субаквальным образованиям.

При промерзании более мелких водоемов в казанцевское время микроинъекция от кровли многолетнемерзлой толщи вверх, в разжиженные донные отложения, выражалась в более наглядной форме. Характерен в этом отношении разрез глинистых казанцевских отложений в районе пос. Иннокентьевска, на левом берегу Енисейского залива. Здесь в береговом обрыве вскрываются пылеватые супеси, имеющие разреженную, вогнутую, почти горизонтальную слоистую криотекстуру с мощностью ледяных шпиров 1-3 см при длине 3-4 м, залегающих на расстоянии 0,1-0,15 м друг над другом. Супеси видимой мощностью 3,5 м перекрываются суглинками, насыщенными льдом до 50 и более процентов (к общему объему). Лед слагает частые вертикальные, ломаные, ветвистые шпирь мощностью 0,5-3,0 см, образующие разновидность решетчатой криогенной текстуры, которую можно назвать перистой. В северной части обнажения она сменяется горизонтально-решетчатой (по Е.М. Катасонову). Выше глинистые отложения сменяются косо- и линзовидно-слоистыми песками и галечниками общей мощностью 5,0 м. Разрез является типичным для быстро мелеющего лагунного берега, когда лагунные отложения перекрываются либо осадками пляжа и бара, либо наносами впадающих в море мелких водотоков.

Направленные вверх ледяные шпирь начинаются у контакта суглинков и супесей. Этот контакт отмечает момент, когда в прибрежном водоеме по какой-то причине стали отлагаться более тонкие глинистые осадки. В условиях быстро мелеющего казанцевского моря этой причиной могла быть только резко возросшая

изоляция лагуны, возможно - смыкание бара с берегом. Поскольку одновременно шло и ее быстрое обмеление, в толще интенсивно промерзающих донных осадков возникли высокие давления, вызвавшие напорную миграцию влаги от многолетнемерзлого экрана вверх, в наиболее молодые отложения. До этого времени лагунные илы (супеси нижнего слоя) промерзали, очевидно, сингенетически снизу, на что указывают выдержанные ледяные прослои, повторяющие очертания кровли медленно нарастающей многолетнемерзлой толщи и отражающие стадии и задержки ее роста вверх. Дальнейшее обмеление лагуны и перекрытие ее субаэральными отложениями привело к консервации всех видов ледяных включений.

Разрезы мерзлых морских отложений, подобные описанным выше, встречаются не только в упомянутых пунктах, они весьма многочисленны на побережье Енисейского залива, в дельте Енисея и в долинах его притоков. По-видимому, процессы, отраженные в их криогенном строении, имели широкое распространение на территории Енисейского Севера в период бореальной трансгрессии.

Таким образом, анализ криогенного строения многолетнемерзлых отложений морского происхождения, формировавшихся в различных фациальных условиях, позволяет сделать вывод о преимущественно субаквальном их промерзании. Промерзание отложений нижней и средней сублиторали в санчуговское время было возможно в силу особых условий, сложившихся в водоемах обособленного шельфа у края шельфового ледника. Тем же особым условиям обязаны своим происхождением и мощные (до 20 м) слои ископаемого льда, являющиеся уникальным образованием в глинистых морских толщах. Во внеледниковом казанцевском бассейне более мелкие слои льда формировались и захоронялись на мелководье. Среди них, по-видимому, присутствует и донный, и поверхностный лед припая. Возможно их образование из плавучих, погруженных в разжиженный осадок льдин. Так или иначе эти льды, как показывает анализ разреза вмещающих отложений, формировались без возможности подтока влаги снизу или сбоку, что не позволяет отнести их к эпигенетическим образованиям.

То же самое можно сказать и о глинистых лагунных и бухтовых отложениях: они промерзали на стадии диагенеза, в субаквальных условиях того водоема, в котором отлагался промерзающий осадок. В процессе промерзания они прошли стадию несливающейся мерзлоты, что способствовало усиленному влагонакоплению за счет напорной миграции свободной воды и привело к формированию разнообразных решетчатых, перистых, порфирированных и атакситовых криогенных текстур. Субаэральные условия, господствовавшие в арктической части Западно-Сибирской низменности в послеказанцевское время, обусловили не новообразование, а лишь консервацию описанных ледяных включений и ископаемых льдов в морских отложениях.

Summary

The perennially frozen sediments of boreal sea transgression in the northern part of West-Siberia lowland are described here and ice inclusions and great ice layers are analysed.

High moisture and great ice layers (to 20 meters) in the deep-sea deposits indicate that they got frozen during transgression, under water, the shelf glacier participating in this process.

The most of sea shore deposits seem to have frozen contemporaneously with sedimentation, syngenetically. The cryostatic pressure was the main cause of ice-saturation during the freezing of lagoon and bay sediments. This process was named autoinjection.

ЛИТЕРАТУРА

Баулин В.В. Вечная мерзлота и палеогеография Западной Сибири. В кн.: «Основные проблемы изучения четвертичного периода». М., изд. «Наука», 1965.

Буйницкий В.Х. Морские воды и льды Антарктики. «Антарктика». М., Географгиз, 1958.

Втюрин Б.И. Материалы исследования инъекционных льдов. В кн.: «Многолетнемерзлые горные породы различных районов СССР». М., Изд. АН СССР, 1963.

Григорьев Н.Ф. Особенности формирования берегов в условиях полярного климата. В кн.: «Теоретические вопросы динамики морских берегов». М., изд. «Наука», 1964.

Григорьев Н.Ф., Иванов Н.С. К вопросу о формировании мерзлых толщ на намывных островах арктических морей. В сб.: «Процессы тепло- и массообмена в мерзлых горных породах». М., изд. «Наука», 1965.

Гудина В.И. Фораминиферы морских четвертичных отложений Северного Приобья. В кн.: «Основные проблемы изучения четвертичного периода». М., изд. «Наука», 1965.

Зубаков В.А. Плейстоценовое оледенение северного полушария (статика криосферы). В кн.: «Антропогенный период в Арктике и Субарктике». М., изд. «Недра», 1965.

Катасонов Е.М. Криогенные текстуры, ледяные и земляные жилы как генетические признаки многолетнемерзлых четвертичных отложений. В сб.: «Вопросы криологии при изучении четвертичных отложений». М., Изд. АН СССР, 1962.

Катасонов Е.М. Мерзлотно-фациальные исследования многолетнемерзлых толщ и вопросы палеогеографии четвертичного периода Сибири. В кн.: «Основные проблемы изучения четвертичного периода». М., изд. «Наука», 1965.

Марков К.К., Лазуков Г.И., Николаев В.А. Четвертичный период (ледниковый период - антропогенный период), т. 1. Изд. МГУ, 1965.

Панов Д.Г. Современное оледенение Антарктики. «Антарктика». М., Географгиз, 1958.

Попов А.И. Вечная мерзлота в Западной Сибири. М., Изд. АН СССР, 1953.

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

Стрелков С.А. Север Сибири. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. М., изд. «Наука», 1965.

Судзальский О.В. Морские фации плейстоценовых отложений Усть-Енисейской впадины. Автореф. канд. дисс. Изд. ЛГУ. 1966.

Усов В.А. Многолетнемерзлые четвертичные отложения на территории Алдано-Чульманского угленосного района. В сб.: «Условия и особенности развития мерзлых толщ в Сибири и на Северо-Востоке». М., Изд. АН СССР, 1963.

Усов В.А. Формирование ваттовых отложений в условиях вечной мерзлоты. Материалы VIII Всесоюзн. междувед. совещ. по геофизиологии. Якутск, 1966.

Фрейхен П. Зверобой залива Мелвилла. М., Географгиз, 1961.

Шарбатян А.А. К истории развития многолетнемерзлых горных пород (на примере севера Западно-Сибирской низменности). Тр. Ин-та мерзлотоведения им. В.А. Обручева, т. 19. М., Изд. АН СССР, 1962.

Шевелева Н.С. Некоторые данные о развитии многолетнемерзлых горных пород в приенисейской части Западной Сибири в четвертичный период. В кн.: «Геофизиологические условия Западной Сибири, Якутии и Чукотки». М., изд. «Наука», 1964.

Mathews W.H., Mackay J.R. Deformation of soils by glacier ice and influence of pore pressure and permafrost. Roy. Soc. Canada Trans., vol. 54, sec. 3, ser. 4, 1960.

Zachenbruch A.H. Thermal effect of the ocean on permafrost. Geol. Soc. America Bull., vol. 68, 1957.

Статья поступила в редакцию 15 января 1967 г.

Ссылка на статью:



Усов В.А. Формирование многолетнемерзлых отложений в период бореальной трансгрессии на территории арктической части Енисейского севера. Вестник ЛГУ. Сер. Геология. География. 1967. Вып. 4. № 24. С. 41-49.