

УДК 551.328.2(282.251.2-062.6)

*С.Ю. Пармузин, С.Е. Суходольский***ПЛАСТОВЫЕ ЛЬДЫ СРЕДНЕГО ЯМАЛА И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ РЕЛЬЕФА**

С помощью бурения и комплекса геофизических методов на междуречье рек Мордыяхи и Нгурияхи в песчано-глинистой толще нижне-среднечетвертичного возраста оконтурены массивы подземных льдов мощностью более 20 м и протяженностью свыше 1 км. Установлены особенности конфигурации верхней поверхности ледяных тел, особенности контактов с вмещающими породами. Показано, что присутствие в осадках, слагающих останцы морской террасы, залежей пластовых льдов является мощным рельефообразующим фактором палео- и современного рельефа.

Вплоть до настоящего времени не опубликовано таких сведений о льдах, которые бы базировались на планомерной разведке крупных ледяных тел и давали бы отчетливое представление о масштабах проявления изучаемых природных образований. Именно в этом плане интересны приводимые в статье материалы о пластовых льдах среднего Ямала, который давно известен, как район их широкого проявления [Дубиков, Корейша, 1964; Втюрин, 1975 и др.]. Район исследования льдов, выполненного ПНИИИСом Госстроя СССР в 1976-1979 гг., очерчен контурами Бованенковской положительной структуры, входящей в систему структур Нурминского мегавала [Трофимов и др., 1975]. Ось структуры протяженностью около 70 км ориентирована в юго-юго-западном направлении. Южная часть структуры дренируется реками Мордыяхой и ее левым притоком Сеяхой, северная - Надуйяхой и Нгурияхой. В границах структуры сохранившиеся от размыва останцы и краевые части террасы высотой от 25 до 40 м выступают среди широких, слившихся между собой пойм названных рек и их притоков. Террасу выделяют как прибрежно-морскую зырянского возраста [Герман и др., 1963; Трофимов и др., 1975]. Сложена она суглинками и глинами с прослоями мелких песков. Осадки поймы представлены переслаиванием суглинков, супесей, пылеватых песков.

На междуречье пробурено 190 скважин глубиной от 4 до 25 м, 65 скважин вскрыли пластовые льды. Данные бурения дополнялись результатами геофизических исследований. Льды на междуречье вскрывались и в обнажениях. Из них наиболее крупное впервые детально описано в 1962 г. [Дубиков, Корейша, 1964].

Анализ разрезов вскрывших льды скважин, вместе с описаниями обнажений, позволяет установить ряд закономерностей в распространении и условиях залегания льдов в охваченной исследованиями части среднего Ямала.

Пластовые льды перекрываются либо глинистыми осадками (салехардскими), либо суглинистыми осадками делювиально-солифлюкционного генезиса (верхний плейстоцен-голоцен). Первые слагают цоколи террас; сверху они покрыты слоем более молодых песчано-суглинистых осадков зырянского возраста. Вторые - плащом мощностью 1-6 м покрывают склоны террас.

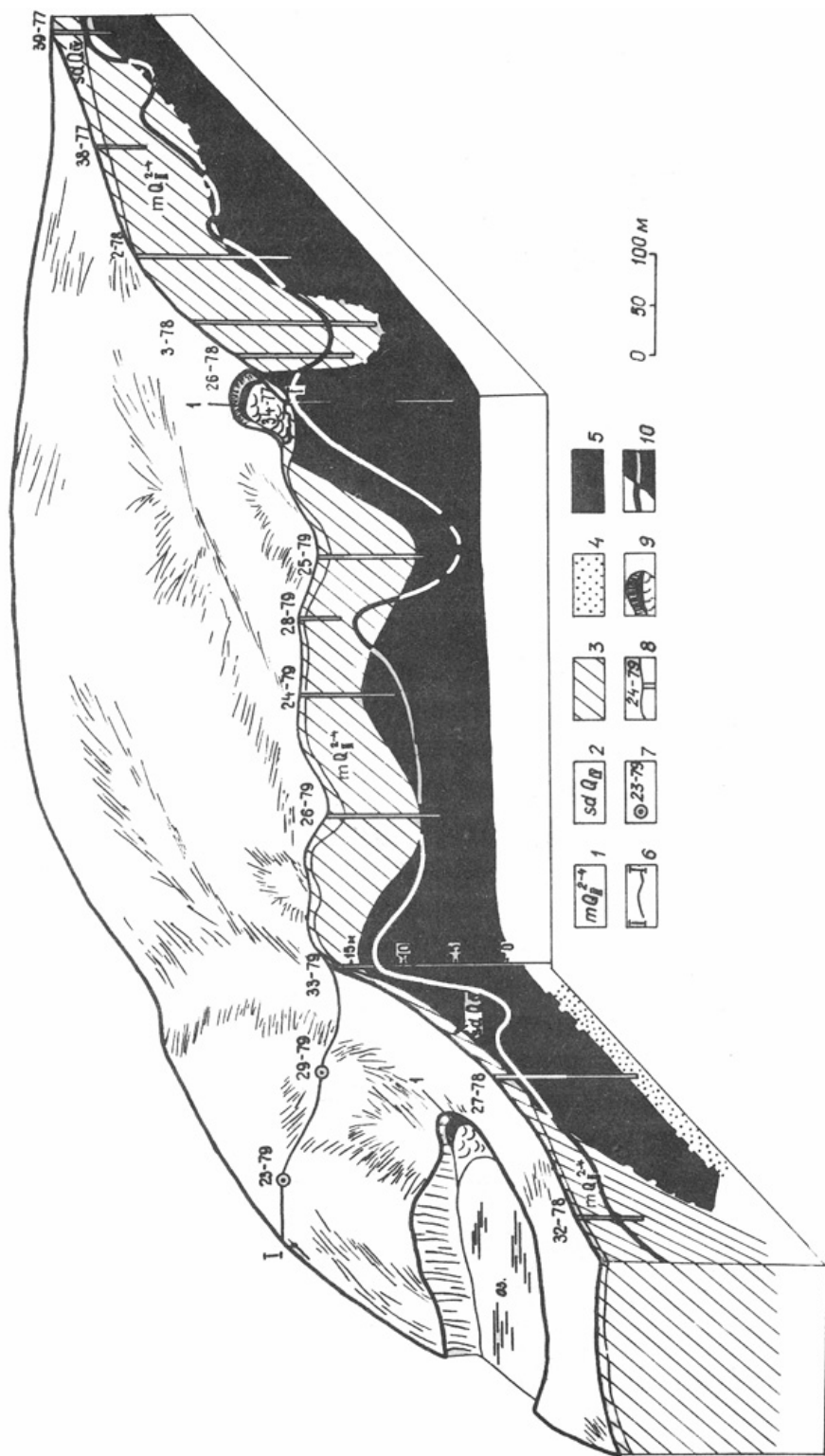


Рис. 1. Блок-диаграмма останца зырянской террасы на правом берегу р. Сейжи:
 1 - морские отложения Салехардской свиты; 2 - солифлюкционно-эрозионные отложения; 3 - суглинки; 4 - пески; 5 - лед; 6 - линия геологического разреза; 7, 8 - скважины и их номер; 9 - обнажение льда; 10 - граница кровли льда по данным непрерывного электропрофиллирования в интерпретации Е. А. Дорофеева.

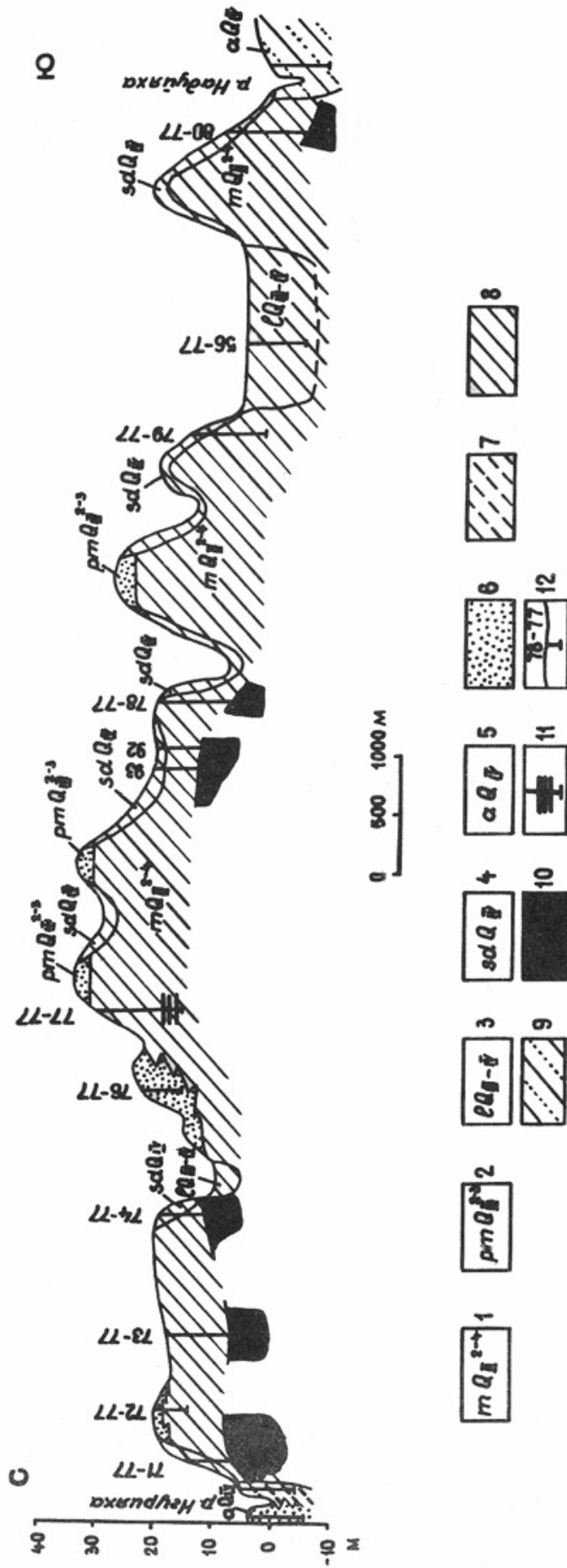


Рис.2. Геологический разрез останца зырянской террасы на междуречье рек Науляхи и Нгурияхи: 1 - морские отложения Салехардской свиты; 2 - прибрежно-морские (зырянские) отложения; 3 - озерные отложения; 4 - солифлюкционно-делювиальные отложения; 5 - аллювиальные отложения; 6 - пески мелкие; 7 - супеси; 8 - суглинки, глины; 9 - переслаивание суглинков, супесей, песков; 10 - лед; 11 - "ледогрунт"; 12 - скважина и ее номер.

Контакты с перекрывающими лед отложениями могут быть разделены на первичные и вторичные. Первичные свойственны участкам, на которых процессы переработки вмещающих лед осадков салехардской свиты не затронули поверхность ледяных залежей. Перекрывающие лед суглинки и глины в приконтактной зоне содержат большое количество шпиров льда, образующих сетчатую текстуру с толщиной отдельных вертикальных шпиров 10-20 см, толщина горизонтальных шпиров меньше. Объемная льдистость пород над поверхностью льдов достигает 50-60%. Вверх по разрезу льдистость уменьшается до 25-30%, криогенная текстура становится неполносетчатой. Близ контакта лед часто содержит большое количество глинистых примесей в виде частиц размером 2-3 см. По мере удаления от контакта количество примесей уменьшается.

Вторичные контакты образуются на тех участках, где ледяные тела в ходе термоденудационной переработки террас частично вытаявают, перекрываясь более молодыми, чем вмещающие лед, осадками. Эти контакты более четки, чем первичные. Изменений рисунка криогенной текстуры в перекрывающих лед склоновых отложениях в приконтактной зоне не прослеживается, а их льдистость здесь не увеличивается. В теле залежи близ контакта лед может быть чистый или с примесями минеральных частиц. В некоторых обнажениях, вскрывших вторичные контакты, прослеживался слой мощностью до 1 м, в котором примеси достигали не менее половины объема льда. Последний имел характер ледогрунтовой массы черного цвета. Образование такого ледогрунтового слоя происходит в результате быстрого промерзания текущей по поверхности льда переувлажненной грунтовой массы, которая формируется по фронту обнаженного льда в процессе таяния перекрывающих его льдистых отложений. Подобные потоки ледогрунтовой массы, медленно текущей вниз от уступа разрушающегося льда, наблюдались на многих обнажениях междуречья.

Более половины из пробуренных скважин вскрыло вторичные контакты. Скважины в своем большинстве располагаются на склонах останцов террасы. Здесь льды при формировании склонов близко выводятся к дневной поверхности и скрыты лишь маломощным плащом склоновых осадков. Попутно отметим, что вторичные контакты свойственны большинству естественных выходов льда, встреченных на междуречье. Только в двух из них льды перекрыты салехардскими осадками. Первичные контакты в большинстве своем подсекались скважинами на больших глубинах, нежели вторичные. Мощность перекрывающих льды салехардских осадков местами достигала 10-15 м. Вскрывались контакты скважинами, расположенными в верхних частях склонов и на горизонтальных поверхностях террасы, не достигнувших той стадии термоденудационной переработки, при которой сносу подверглись изначально перекрывающие лед отложения.

Кровля ледяных тел располагается на разных высотах. Наивысшая из зафиксированных на междуречье абсолютных отметок кровли - 22 м. В отдельных скважинах, пробуренных в нижних частях склонов террас, поверхность льда подсекалась на абсолютных отметках 0 ± 4 м. Глубины залегания поверхности пластовых льдов изменяются в значительных пределах и на близком расстоянии. Так, в двух скважинах, расположенных на склоне небольшого останца на расстоянии 10 м друг от друга, лед вскрыт на глубинах 3,6 и 3,1 м, третья скважина, пробуренная в 20 м при глубине 6 м, кровли льда не достигла. В обнажении в верхней части склона (рис. 1) лед залегает на глубине 1,5-1,8 м, а скважина 26-78, пробуренная в 30 м от обнажения, кровли ледяного тела не подсекла. В обоих примерах угол падения кровли льда достигает 15-20°. Мощность льда не установлена ни в одной из точек междуречья. Две скважины глубиной 17 и 19 м (скв. 34-77 и 29-77; рис. 3,4), пройденные на останце

террасы правого берега р. Сеяхи, подошвы льда не достигли. В границах останца только скважина 27-28 вскрыла контакт с подстилающим лед мелкозернистым песком на абсолютной отметке 6 м. Однако выработка не дает представления о мощности льда, поскольку лед в месте заложения скважины частично вытянул в ходе формирования склона. Во всяком случае очевидно, что мощность льда в отдельных точках останца не менее 25 м.

Приведенные данные свидетельствуют о весьма широком распространении в западной части среднего Ямала пластовых льдов. Последние встречены (в скважинах, обнажениях) на всех останцах, пересеченных региональным буровым профилем. Наиболее часто льды вскрывались в центральной и северной частях структуры, для которых характерна более интенсивная переработка террасы термоденудационными процессами.

Ряд данных свидетельствуют о больших размерах и соответственно, больших объемах ледяных тел. В северной части профиля близ долины р. Нгурияхи (рис. 2) три скважины приблизительно на одних и тех же глубинах вскрыли лед. Расстояния между скважинами около 1 км, т.е. слишком велики для того, чтобы уверенно предполагать вскрытие единого ледяного тела протяженностью до 2 км. В то же время материалы детальных исследований пластовых льдов в осадках, слагающих останец террасы на правом берегу р. Сеяхи, дают достаточные основания, чтобы не отвергать существование ледяных тел протяжением 1-2 км и более.

Размер останца по длинной оси, вытянутой в субширотном направлении, около 8 км, по короткой - 2,5. Он сильно переработан экзогенными процессами. Ровные или слабоогнутые поверхности, которые не подвергались переработке, занимают не более одной пятой площади останца. Такие поверхности со всех сторон окружены склонами крутизной от 1-2 до 10°. На площадке, тяготеющей к верхней части склона южной экспозиции, площадью около 4 км², пробурено более 50 скважин. Результаты бурения уточнены геофизическими исследованиями. На рис. 3 приведен разрез по профилю длиной 2,3 км. Его анализ показывает, что скважинами вскрыты либо единое ледяное тело протяженностью около 2 км, либо три разобщенных между собой ледяных массива. Учитывая довольно сложную конфигурацию поверхности льда с установленными перепадами высот до 15 м, можно предполагать, что скв. 21-79 и 23-79 не достигли кровли льда и по линии профиля простирается единый массив льда, мощность которого местами заведомо превышает 20-25 м.

В восточной части профиля перпендикулярно ему заложены два более коротких поперечника. Блок-диаграмма по линиям этих профилей приведена на рис. 1. Она наглядно иллюстрирует простираение ледяного массива с размерами 400, 550 и 700 м. Объем льда на этом участке, даже при осторожных подсчетах, в которых средняя мощность льда принята равной 12 м, превышает 4 млн.м³. Еще более детально исследован участок, расположенный на юго-западном склоне останца. Здесь в верхней части склона установлено залегание ледяного тела длиной до 500 м (рис. 4). Объем ледяной залежи составляет более 750 тыс.м³.

В заключение отметим, что примеры, иллюстрирующие размеры отдельных залежей льда, нельзя рассматривать как уникальные для района. Это подтверждают и результаты бурения по региональному профилю, а также и то, что участки детальных исследований выбирались в значительной мере произвольно. Кроме того, геоморфологические признаки существования близкозалегающих крупных тел для выбранного участка детальных исследований не отличались от тех, которые свойственны другим останцам террасы, особенно расположенным в северной половине структуры.

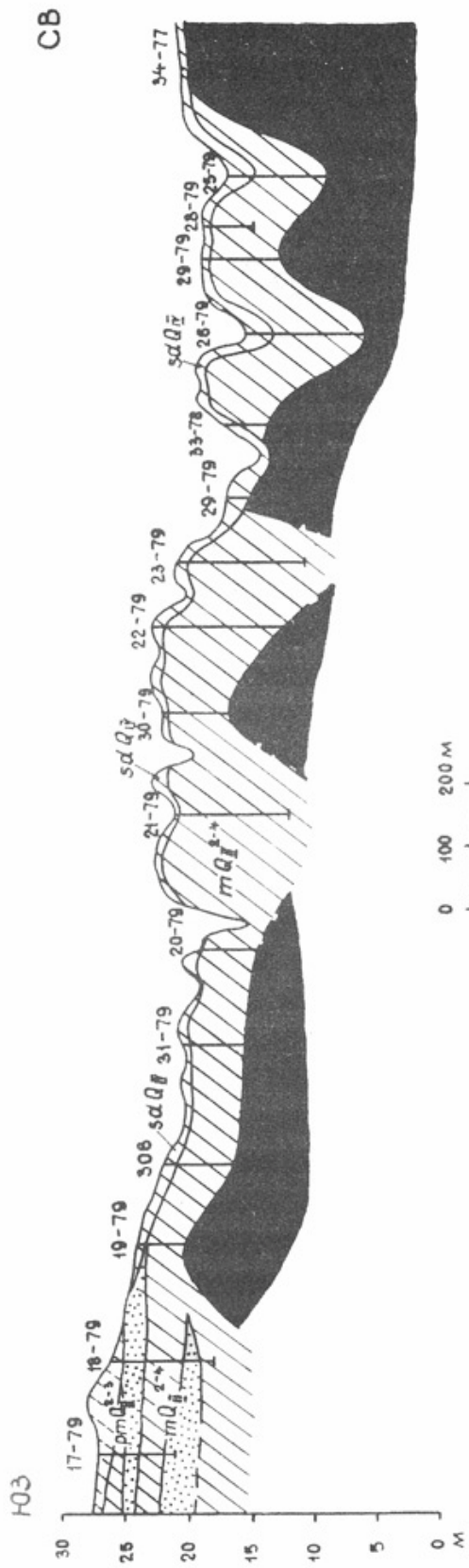


Рис.3. Геологический разрез останца зырянской террасы на правом берегу р.Сежи (обозн. см. рис.2).

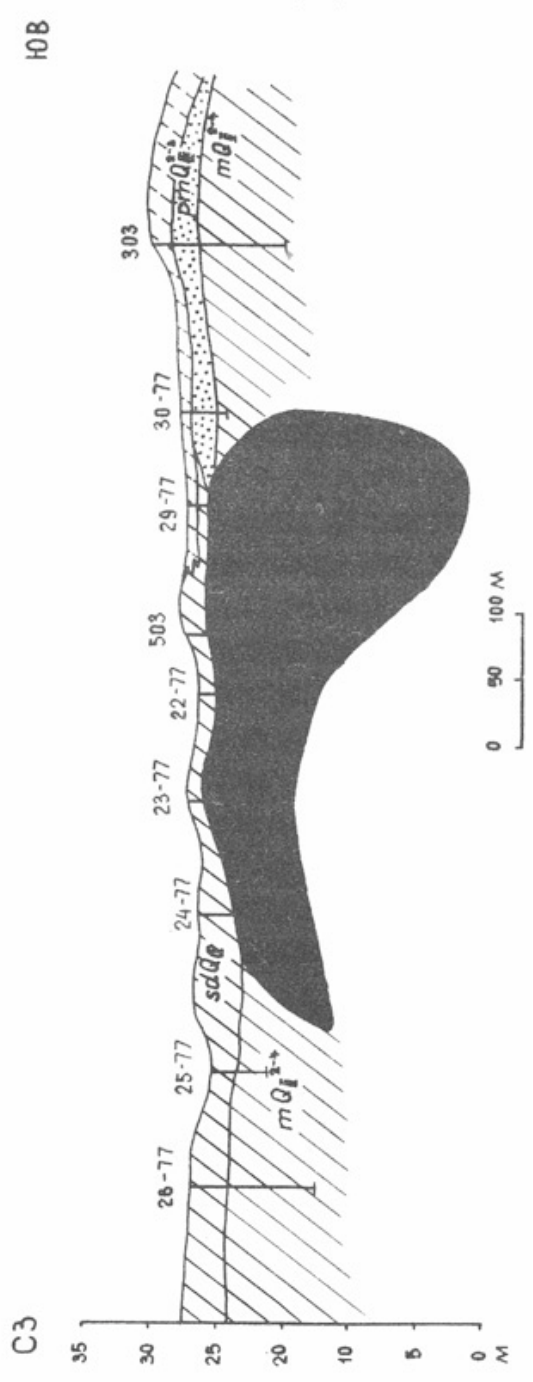


Рис.4. Детальный разрез останца зырянской террасы на правом берегу р.Сежи (обоз. см. рис.2).

Широкое распространение в толще среднеплейстоценовых песчано-глинистых осадков огромных по объему залежей подземных льдов делает их неотъемлемой частью разреза осадочного чехла. Лед существенно изменяет физические и механические свойства больших по размерам блоков пород, в том числе и те, от которых зависит интенсивность процессов рельефообразования. Пластовые льды выступают, таким образом, как один из ведущих факторов формирования рельефа на протяжении всей истории субаэрального развития полуострова. Среди форм рельефа и лежащих в основе их возникновения процессов, генетически связанных с частичным или полным разрушением пластовых льдов, можно наметить палео- и современные формы и процессы.

Свидетельством проявления палеотермокарста по пластовым льдам служат широко развитые на междуречье глубокие озерные котловины. Часть из них спущена, другая - заполнена водой.

Спущенные котловины - хасыреи в плане обычно круглой или близкой к ней формы. Размеры отдельных котловин достигают 1,5-2 км. Днища их выполнены песчано-глинистыми, оторфованными в верхней части осадками мощностью 5-8 м. Судя по высокой льдистости и характеру криогенной текстуры, до глубины 2-2,5 м озерные осадки промерзали сингенетически. Борта котловин крутые, а их высота достигает 8-12 м. Размеры котловин в плане однозначно не связаны с размерами ледяных залежей, вытаявание которых лежит в основе появления палео-форм рельефа. На это, в частности, указывает вскрытие скважинами в бортах, пересеченных буровым профилем, котловин пластовых льдов.

Причина прекращения роста котловин в некоторых случаях очевидна: спуск воды и быстрое промерзание донных осадков. Если же котловины не дренировались и оставались заполненными водой, прекращение их роста обусловлено достижением теплового равновесия в системе «озеро-вмещающие породы». Внешним признаком такого равновесия является облик береговых склонов древних термокарстовых озер: следов каких-либо деформаций, свойственных современным растущим термокарстовым котловинам, не отмечалось.

В начале статьи упоминалось, что поймы пересекающих Бованенковскую структуру рек занимают около половины ее площади. Сопоставление размеров слившихся между собой пойм с размерами сформировавших их водотоков наводит на мысль, что они не соответствуют друг другу. Представляется, что энергия водотоков, функционирующих лишь на протяжении короткого полярного лета, недостаточна для разработки обширных пойм и полного или частичного размыва морской террасы высотой до 40 м. Наблюдаемое явление может быть объяснено двумя причинами: либо палеореки были многоводнее, либо энергичной переработке террасы при формировании пойменных уровней способствовало залегание в слагающих ее осадках мощных залежей пластовых льдов. Вероятность последнего предположения подтверждается наблюдениями за скоростью современных термоэрозийных процессов в одном из подмываемых руслом р. Сеяхи участке террасы. В 1977 г. на участке выхода льда не зафиксированы. Более того, внешние морфологические признаки не указывали на залегание льдов под чехлом склоновых отложений. Однако высокий паводок 1978 г. вскрыл обнажение льда. При его частичном вытаявании сформировался залив, вдающийся в коренной берег на 15-20 м. Таким образом, в течение нескольких недель первой половины лета береговая линия отступала со скоростью 0,5-0,8 м в сутки. Летом 1979 г. высота обнажения достигала 8-10 м, залив расширился и углубился. Проведенные наблюдения показали, что за период с 7 по 29 августа 1979 г. уступ обнажения сместился сторону коренного берега на расстояние от

2 до 3,1 м и за 22 дня протаяло более 750 м³ льда и перекрывавших его осадков. Ежесуточно и полосы обнажения выносилось около 3,5 м³ породы.

Расширение поймы за счет вытаивания пластовых льдов происходит и на тех участках, которые прошли стадию пойменного режима. В тыловых частях пойм у подножия склонов террасы идет их переработка за счет быстрого расширения расположенных здесь озер. В тех местах, где озера вовлекают в сферу термоабразионной переработки содержащие пластовые льды отложения, склоны террас быстро отступают, а пойма расширяется. Трехлетние наблюдения за берегом озера, подмывающего останец террасы в долине р. Сеяхи (см. рис. 1), показали, что с начала июля 1977 г. до середины июля 1978 г. берег в месте выхода льдов отступил в сторону склона на 11 м, а с 15.VIII.78 г. по 20.VIII.79 г. - еще на 9 м. Средняя скорость перемещения береговой линии около 4 м в месяц.

Ареной широкого проявления современных физико-геологических процессов, генетически связанных с разрушением пластовых льдов, являются занимающие на междуречье большие площади террасовые склоны. Медленный солифлюкционнodelювиальный снос с них осадков в сочетании с локальными сплывами больших массивов сезоннопротаивающих грунтов - главные причины вскрытия и частичного вытаивания близкозалегающих пластовых льдов, сопровождающихся разномасштабными деформациями склонов. В основном они проявляются в виде циркообразных понижений самых различных размеров. Авторы наблюдали результаты вскрытия льда в верхней части склона на уровне абсолютной отметки 20 м (см. рис. 1). В результате начавшегося таяния льда началось формирование небольшого цирка, открытого в сторону склона. В течение трех лет (1977-1979 гг.) фронт обнажения продвинулся на 23 м, а объем протаявшего и переместившегося вниз по склону грунта с учетом объема льда достиг 500 м³.

Приведенные отдельные примеры интенсивной переработки склонов, берегов озер и рек в каждый конкретный отрезок времени носят в общем локальный характер. Но в то же время широкое распространение пластовых льдов предопределило повсеместное и интенсивное проявление термоденудационных, термоабразионных и термокарстовых процессов, генетически связанных с вытаиванием пластовых льдов, на протяжении всего времени субэразьного развития территории. Процессы переработки склонов и берегов имеют тенденцию к саморегуляции. Протаявшие отложения, перекрывавшие ранее ледяное тело, перемещаются вниз по склону и накапливаются в местах локальных прогибов рельефа. По мере их накопления подошва сезонноталого слоя в определенный момент времени не достигает кровли льда, и процесс временно прекращается.

Циркообразные понижения различной глубины и размеров в плане обрамляют практически все останцы зырянской террасы. Эти формы развиваются многостадийно, фазы затухания процесса сменяются фазами активизации, сопровождающимися частичным вытаиванием льдов.

В этот период растительный покров полностью или частично нарушается по бортам и днищам цирков, повсеместны свежие деформации грунта, локальные оползни и сплывы. В затухающую фазу на днищах цирков начинает постепенно восстанавливаться почвенный покров, а затем и кустарниковая растительность.

В заключение обратим внимание на намечающуюся связь между свойственным Бованенковской структуре характером неотектонических движений, залеганием льдов и морфологическим обликом вмещающей их террасы. Северная половина структуры испытала поднятие большей амплитуды, чем южная. В северной части структуры на междуречье рек Надуяхи - Нгурияхи поверхность террасы подверглась настолько глубокой термоденудационной переработке, что не сохранила отдельных следов

горизонтальных участков, которые можно принять за остаток первичной абразионной поверхности. Обусловленная поднятием активизация процессов привела к повсеместному формированию солифлюкционно-делювиальных отложений, сплошным плащом перекрывающих вмещающие льды осадки. В центральных, тем более в южных частях структуры появляются окруженные склонами ровные участки, не затронутые или слабозатронутые термоденудационными процессами. Соответственно различны и глубины залегания пластовых льдов в разных частях структуры. В северной и центральных ее частях некоторые скважины вскрыли кровлю льда на уровне абсолютных отметок 20-25 м. На юге структуры скважины глубиной 10-12 м пластовых льдов не вскрыли. Таким образом, на междуречье намечается достаточно отчетливая связь не только между амплитудой и знаком неотектонических движений, с одной стороны, и интенсивностью экзогенных процессов - с другой, но и глубиной залегания пластовых льдов в осадках, слагающих один генетический уровень рельефа.

Литература

Втюрин Б.И. Подземные льды СССР. М.: Наука, 1975. 213 с.

Герман Е.В., Кисляков В.Н., Рейнин И.В. [Геология и геоморфология п-ва Ямал - нового района перспективного для поисков нефти и газа.](#) // Геология и нефтегазоносность севера Западной Сибири. Труды ВНИГРИ. 1963. Выпуск 225, с. 311-329.

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

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

Ссылка на статью:



Пармузин С.Ю., Суходольский С.Е. **Пластовые льды среднего Ямала и их роль в формировании рельефа.** - В кн.: Пластовые льды криолитозоны. Якутск: ИМ СО АН СССР, 1982, с. 51-61.