

Л.А. ЖИГАРЕВ

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Динамика береговой зоны арктических морей характеризуется рядом особенностей, отличающих ее от динамики неарктических морей. Прежде всего, следует отметить значительную ледовитость этих морей, которая уменьшает возможность динамики береговой зоны, так как способствует снижению волнения моря и величины разгона волны. Отсюда уменьшается воздействие моря на берега, снижаются темпы термоабразии, морской аккумуляции и выпахивания берега льдом. Ледовитость арктических морей приводит также к существенному снижению температуры воды, которая под льдом не превышает $-1,8^{\circ}\text{C}$. Низкая температура воды способствует сохранению реликтовых мерзлых толщ, а у берегов, где припай смерзается с донными осадками - возникновению новообразований многолетнемерзлых пород (ММП). Низкая температура воды создает условия для повышения концентрации солей, содержание которых в открытом море достигает 34-35‰, а в некоторых лагунах доходит даже до 100-150‰. В то же время засоление донных осадков препятствует их промерзанию. Такие немерзлые породы называются охлажденными ниже 0°C . Они наиболее широко распространены в арктических морях. Реликтовые мерзлые образования зырянско-сартанского времени создают в арктических морях зону «островной» мерзлоты. Один из наиболее значительных по площади островов реликтовых мерзлых пород сохранился в море Лаптевых в районе полностью разрушенных островов Васильевского и Семеновского. Вдоль континентальных и островных берегов в арктических морях часто распространены реликтовые или новообразованные мерзлые породы. Мерзлые и особенно льдистые породы способствуют развитию термоабразии и термоденудации - процессам интенсивно разрушающим берег и видоизменяющим береговую линию.

Арктическая береговая линия характеризуется чередованием выступов и выемок, обусловленных литогенетическими особенностями пород, динамикой моря и континентальными процессами, которые образуют губы с устьями рек в их вершинах, а также заливы, лагуны, фьорды и т.д.

На разрушаемых прибрежных участках морей развивается обычно термоабразия или термоденудация, которая происходит в поверхностном слое литорально-шельфовой зоны с измельчением и переотложением органико-минерального вещества, плавлением внутригрунтового льда, растворением солей и их кристаллогидратов, освобождением и улетучиванием газов. В то же время на аккумулятивных соседних участках органико-минеральное вещество накапливается с формированием мерзлоты. В нем образуется лед-цемент, осаждаются соли, консервируются газы.

Образование береговых форм в арктических морях происходит по-разному, что сказывается на формировании многолетнемерзлых пород. Например, в Печорской губе из-за притока речных вод многолетнемерзлые породы на дне губы не возникают, но там, где морские воды смерзаются с донными осадками, появляются сезонномерзлые слои (СМС).

В бухте Варнека граница многолетнемерзлых пород от уреза воды идет вертикально вниз, а затем уходит под основание острова Вайгач на глубину 130 м от уровня моря. Но, поскольку это происходит в скальных породах (доломитизированных известняках), то здесь формируются не многолетнемерзлые породы, а морозные породы. Нечто подобное наблюдается, вероятно, и в Хайпудырской губе. В Карском море, в молодых губах и заливах п-ва Ямал и Гыдан формируются новообразования многолетнемерзлых пород небольшой мощности, в Байдарацкой губе наблюдаются отдельные массивы реликтовых многолетнемерзлых пород. В Обской губе у берегов появляются «перелетки» мерзлых пород. Многолетнемерзлые породы вдоль берегов появляются в Гыданской губе и Енисейском заливе. Наиболее детально изучались многолетнемерзлые породы в губах и заливах моря Лаптевых, где производилось сравнительно глубокое бурение, о чем подробно излагается ниже. Такой же характер залегания многолетнемерзлых пород отмечается в губах западной части Восточно-Сибирского моря. В лагунах Чукотского моря распространены сильно засоленные многолетнемерзлые породы, чередующиеся с горизонтами криопэггов. Далее рассматривается восточная часть моря Лаптевых, а затем и западная, где многолетнемерзлые породы в губах и заливах различны, что связано с гидрологическими условиями моря и криолитологическими особенностями континентальной суши.

Море Лаптевых занимает весь шельф, материковый склон и часть ложа Северного Ледовитого океана. В этом море, как и в Карском, преобладают поверхностные арктические воды, определенную роль играют атлантические, а в южной части приобретают значение речные воды. На севере большое значение имеют теплые атлантические и нижние холодные арктические воды. Для этого моря характерна барическая циркуляция морских вод циклонального и антициклонального типов. Море Лаптевых на значительной части своей акватории покрывается тяжелыми паковыми льдами мощностью до 3-4 м (Таймырский океанический массив) и припайным льдом мощностью до 2.0-2.5 м (Янский локальный массив), который вытаивает летом на месте. У мористой кромки припая формируется стационарная полынья, воды которой характеризуются крайне высокой соленостью (выше 35‰) и низкой температурой (ниже -1.8°C). Юго-западная акватория моря отличается значительными приливами, достигающими 2 м, которые проникают от м. Б. Корга вверх по р. Хатанге на 200 км, а по р. Анабар более, чем на 50 км от кутовой части Анабарской губы.

Рельеф дна моря Лаптевых представляет собой слаборасчлененную, пологонаклонную к северу равнину с желобами - фрагментами прадолин Лены, Яны, Оленека, Хатанги и других рек и возвышенностями - останцами термоабразированных островов. Уклоны дна моря до изобаты 50 м ничтожны. Профиль дна до изобаты 500 м является выпуклым. Море Лаптевых трансгрессивное, его берега, сложенные (за исключением северо-западной части) высокольдистыми породами, интенсивно разрушаются и быстро (в среднем до 5 м/год) отступают. Это обуславливает сохранение в море реликтовых многолетнемерзлых пород. На аккумулятивных берегах формируются новообразования слабольшедистых мерзлых толщ. Но на большей площади дна моря залегают охлажденные ниже 0°C породы.

На рис. 1 показано плановое положение Ванькиной губы, расположенной в юго-восточной части моря Лаптевых, омывающей северный берег п-ва Широкостан. Она представляет собой мелководный (от 1 до 16,6 м) протягивающийся с юго-запада на северо-восток залив на расстояние 34 км, имеющий ширину от 6 до 18 км, в который впадают наиболее крупные реки Хаарстан и Чокурдах и большое количество мелких ручьев. Площадь губы составляет приблизительно 350 км², Акватория Ванькиной губы окаймлена обширными осушками и пляжами шириной полосы до 2-5 км, идущими вдоль берегов высотой при низком уровне моря 1-2 м. На отдельных участках губы отмечаются термоабразионные берега непрерывной длины до 6-7 км. В северной части губы общая протяженность термоабразионных берегов составляет 19 км, на южной - 11 км.

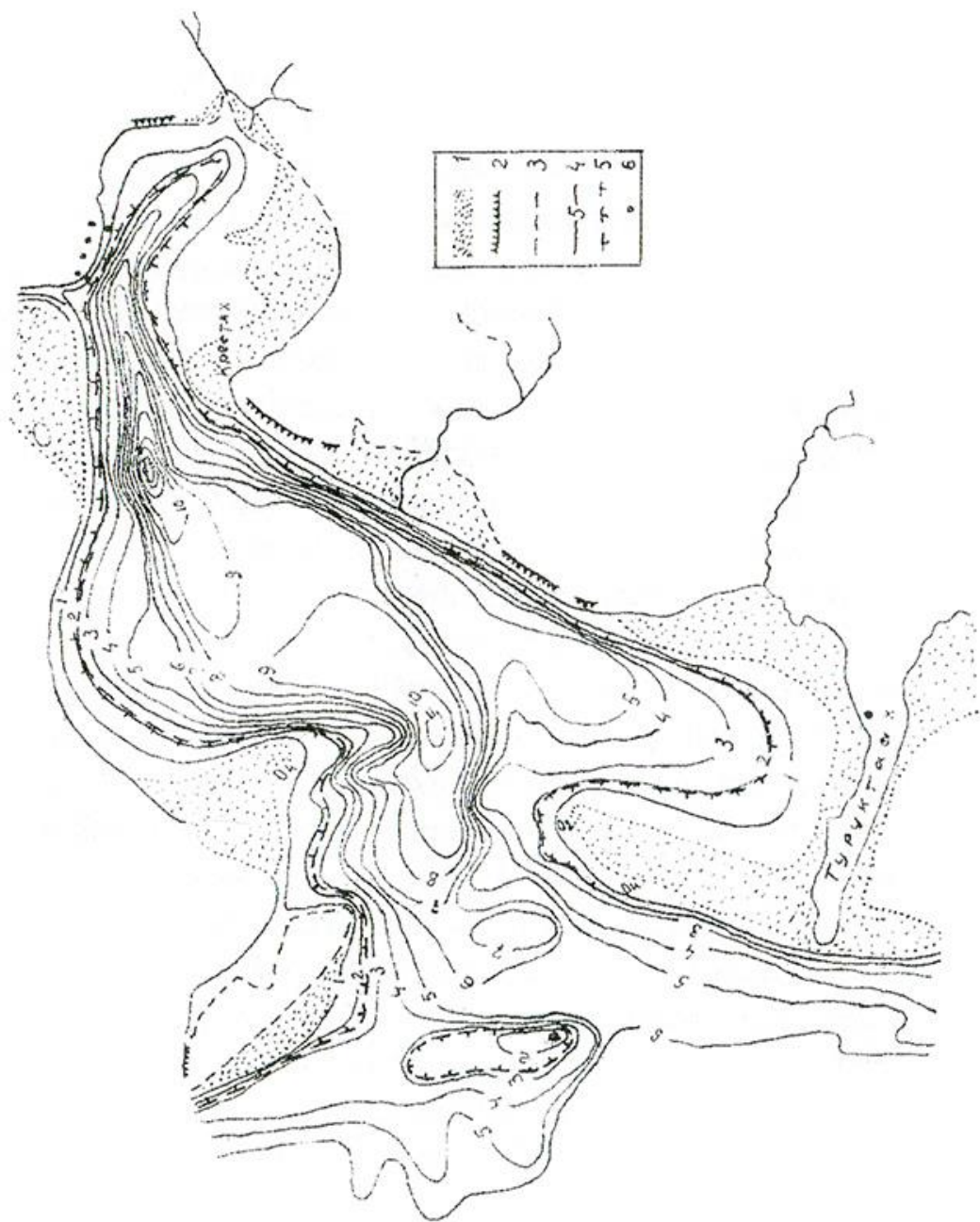


Рис.1. Криолитозона Ванькиной губы

1 - осушки; 2 - термообразонный берег; 3 - низкий, пологий берег; 4 - изобаты; 5 - граница кровли ММП; 6 - скважины глубокого бурения

Губа подразделяется на западный и восточный участки. Первый представляет собой широкую изометричную поверхность, а второй - сужение к востоку от м. Крестях. От моря губа отделена на севере подводной отмелью, продолжением косы - осушки м. Нерпичий, на западе отгорожена от моря подводным баром длиной до 7 км и минимальной глубиной моря 1,8-2,0 м, который находится в 10 км от коренных берегов. На юге губа отчленена косой Туруктаах, представляющей собой полуостров длиной 14 км и шириной от 0,6-1,5 км до 3,5 км в корневой части. Моховая поверхность ее высотой 1 м занята многочисленными озерами, между которыми на отдельных участках появляются останцы морской террасы высотой 10 м. Эта коса или полуостров заканчивается мысом Туруктаах, представляющим собой десятиметровый уступ. Берега подходящих к морю останцов являются термоабразионными. Берега косы или полуострова Уруктаах окаймлены приливно-отливной полосой шириной от 0,8 до 3 км и протяженностью к северу от м. Туруктаах 9 км, а к югу от него - 4,2 км. Приливы вызываются волной, приходящей из Арктического бассейна, откуда она, имея поступательный характер, распространяется на юг. Величина сизигийного прилива обычно не превышает 0,2-0,4 м. С морем губа соединена узким проходом шириной 3-5 км и глубиной 5-9 м, который расположен между западной частью косы Туруктаах и южным окончанием, указанного выше, подводного бара. Бар имеет форму неравносторонней трапеции с приподнятым восточным крылом и пологозалегающими на запад склонами. Это свидетельствует, как отмечалось ранее [Жигарев, Совершаев, 1984], что более пологие склоны подводного бара подвержены более интенсивным динамическим воздействиям моря, чем крутые. Вероятно, на этом месте существовал останец разрушенной озерно-аллювиальной равнины, который под действием западных нагонных ветров постепенно разрушался.

Литогенетические типы донных осадков Ванькиной губы довольно однообразны. По площади абсолютно преобладают алевриты и алевритистые глины. Наиболее широко распространены алевриты у разрушенных термоабразионных берегов. Обширные алевритовые осушки залегают вокруг м. Куртаах, у р. Чокурдах, а в кутовой части губы они наблюдаются вокруг м. Крестях и в долине р. Хаарстан, в низовьях которой на высоком берегу выходят мощные полигонально-жильные льды. В центре Ванькиной губы залегают алевритистые глины. Дно моря у входа в губу слагают песчаные отложения. Так, подводный бар и приливно-отливные полосы вокруг косы Туруктаах сложены мелкозернистым песком, который окаймлен последовательно тонкозернистым песком и тонкопесчаным алевритом. Дно морского прохода в губу сложено алевритом и тонкопесчаным алевритом мощностью до 90-100 м разного генезиса.

Вся эта толща подводных отложений, залегающая на ступенчатой кровле коренных пород (рис. 2) подразделяется на континентальные, возможно, аллювиальные отложения раннемиоценового возраста, прибрежно-морские отложения плиоцен-нижнеплейстоценового возраста, морские разновозрастные от среднего плейстоцена до позднего голоцена и современные морские и прибрежно-морские осадки [Жигарев, 1979]. Континентальные (I) отложения представлены суглинками с обломками пород, щебнем и дресвой, влажностью 22,2-25,2%, засоленностью 0,17-0,37% и минерализацией поровых вод 7,6-16,7 г/кг. Прибрежно-морские отложения (II) представлены алевритом с обломочным материалом влажностью 10,7-19,0%, засоленностью 0,2-0,4%, минерализацией поровых вод 10,5-37,4 г/кг. Морские разновозрастные отложения (III) сложены крупным алевритом и мелкоалевритовым илом с прослойками песка влажностью 14,7-26,6%, засоленностью 0,38-0,80% и минерализацией поровой влаги 17,1-54,4 г/кг. Мощность морских отложений, четко зафиксированная по солевому составу и минерализации отложений керна скважин, у северного берега губы достигает 17-23 м. Общая мощность отложений у северного берега на расстоянии 0,6 км от берега составляет 87 м (бур. лин. 12). Морские отложения на берегу образуют террасы высотой 23-25, 10-12 и 2-3 м, а также пляж, косы, осушки. Для этого участка характерно вложение более молодых осадков в более древние отложения.

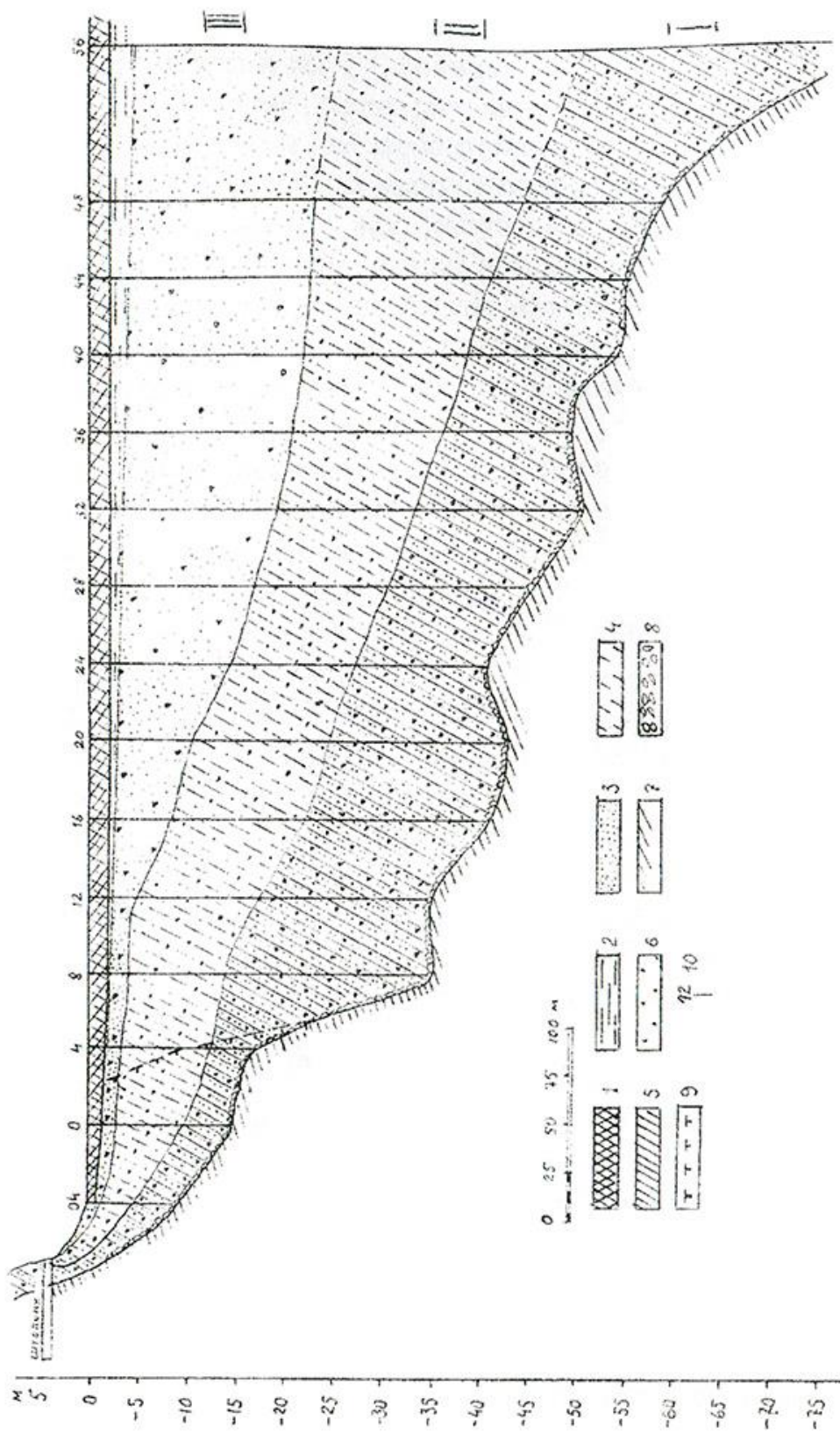


Рис. 2. Геологическое строение по профилю Ванькиной губы: I - континентальные отложения миоценового возраста (N_1); II - прибрежно-морские отложения плиоцен-нижнеплейстоценового возраста (N_2-Q_1); III - морские разновозрастные (от Q_1 до Q^2_{1Y}) отложения, залегающие на размывтой кровле осадков предыдущего типа. I-припайный лед; 2-морская вода; 3-песок; 4-алеврит; 5-суглинок; 6-обломочный материал; 7-коренные породы; 8-глыбовые развалы над коренными породами; 9-граница ММП; 10-номер скважины

Данные о температурном режиме осушки у северного берега Ванькиной губы приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Характер изменения температуры Чокурдахской осушки

Глубина, м	июль		август				Примечание
	23	31	6	12	19	29	
0,1	6,8	9,8	7,1	13,0	10,8	13,6	Измерение температуры производилось в скважинах, пробуренных мотобуром сотрудниками МГУ в 1971-72 гг.
1,1	-5,5	-5,1	-4,7	-3,3	-3,0	-1,3	
2,1	-9,8	-9,2	-8,7	-9,2	-7,8	-6,9	
3,1	-11,2	-9,9	-10,4	-10,1	-9,8	-8,9	
4,1	-11,8	-11,6	-11,3	-10,9	-10,8	-10,2	
5,6	-11,4	-11,6	-11,4	-11,2	-11,1	-10,7	
7,1	-11,0	-11,3	-11,3	-11,1	-11,1	-10,9	

Высота осушки над урезом воды составляет 0,5 м. Глубина подошвы слоя нулевых годовых амплитуд температуры располагается на глубине 8,5 м, что связано с несформировавшимся температурным полем в молодой эпигенетически промерзающей толще. Температура на этой глубине составляет $-11,0^{\circ}\text{C}$. Такая низкая температура объясняется полным отсутствием растительного покрова на поверхности и маломощным снежным покровом. Такая температура соответствует по Н.Н. Зубову засоленности 155 г/кг, но в действительности минерализация поровых вод на этой глубине составляет всего 14 г/кг и отложения являются твердомерзлыми. Сезонное протаивание здесь достигает 1,1-1,2 м.

На южной стороне губы в районе Крестьянской осушки температура была изучена Е.Н. Молочушкиным [1973a] весной 1969 г. Температура по этой части губы приводится в табл. 2.

Таблица 2

Характер изменения температуры Крестьянской осушки

Глубина, м	апрель			
	12	15	16	17
	<u>688/14</u>	<u>724/14</u>	<u>96/46</u>	<u>64/46</u>
1	-21,8	-16,8	-20,0	-20,0
2	-18,8	-15,6	-17,6	-17,4
3	-16,4	-14,4	-15,8	-15,8
5	-13,4	-11,5	-13,4	-13,3
10	-11,5	-9,4	-11,2	-11,4
15	-11,6	-9,7	-11,4	-11,6
Мощность ледового покрова, м	0,2	0	0,4	0,4
Расстояние от уреза воды, м	360	0	1700	1700

Вследствие того, что измерения производились ранней весной, температура на этом участке Ванькиной губы значительно ниже, чем на Чокурдахской осушке, но на подошве слоя нулевых годовых амплитуд они близки друг другу. Поэтому отложения здесь также твердомерзлые, т.к. протаивать они могли бы лишь при температуре -0.5°C . Из всего изложенного следует, что указанные осушки сложены современными многолетнемерзлыми породами эпигенетического типа. Мощность их по расчету, по-видимому, не превышает на пляже северного берега губы 150 м, а на косе Туруктаах, зафиксированная глубоким бурением, она составила 155 м (устное сообщение А.П. Воронина).

На отмеченном выше, входном подводном баре Ванькиной губы при глубоком бурении были пройдены многолетнемерзлые породы сингенетического типа с очень льдистыми породами на глубине от 86 до 100 м (забой скважины) с атакситовой криогенной текстурой [Жигарев, Плахт, 1974]. Возраст этих пород позднеплейстоценовый. Сохраниться они могли в результате малой скорости деградации древних многолетнемерзлых пород при начавшемся осадконакоплении на этом участке, оказавшемся впоследствии в зоне конвергенции потоков наносов.

Таким образом, многолетнемерзлые породы Ванькиной губы (рис. 1) отличаются сложным характером распространения. Окаймляя берега и слагая осушки, они отсутствуют в ее центральной, наиболее глубокой части. Об этом свидетельствуют положительные температуры ($0,5-0,7^{\circ}\text{C}$) донных осадков на акватории губы ниже подошвы слоя годовых колебаний температуры, слабая засоленность подводных морских ($0,4-0,8\%$) и особенно континентальных ($0,17-0,4\%$) отложений, а также залегание в нижней части рыхлой толщи вблизи контакта с коренными магматическими породами бассейна подземных, часто напорных вод. Так, в 0,6 км от северного берега на глубине 90 м залежали соленые (14 г/л) воды кислые по О.А. Алекину и хлор-кальциевые по В.А. Сулину. Формирование и деградация многолетнемерзлых пород (современных и реликтовых) продолжалась длительное время. В пределах осушек находится сезонно-талый слой, который от внешнего края переходит в сезонно-мерзлый слой, распространяющийся до границы смерзания припайного льда с донными осадками, а далее под припайным льдом и слоем морской воды залегают охлажденные ниже 0°C породы (сезонные и постоянные).

По соседству с Ванькиной губой к северо-востоку от нее находится Эбеляхская губа, которая отделена от нее п-вом Широкостан и омывает его северный берег. Эбеляхская губа также представляет собой мелководный (от 0 до 15 м) залив параболического вида, протягивающийся с северо-запада на юго-восток на 34 км (от подводного бара глубиной 2,2 м до устья р. Юринг-Хастаах), имеющий среднюю ширину 40 км, в который впадают наиболее крупные реки Суруктаах и Юрюнг-Хастаах и множество мелких ручьев. Площадь губы по линии м. Чуркина, подводный бар, устье рек Суруктаах и Юрюнг-Хастаах и устье руч. Беляк составляет 1230 км^2 . Южная и восточная часть акватории губы окаймлена осушками и пляжами шириной полосы на юго-западе и востоке 12-15 км, а на юге всего 1 км.

Подводный бар по изобате 5 м имеет длину 13 км, а ширину около 6 км. При этом, склоны его южных румбов также более крутые, чем северных. Южный берег губы или северная часть п-ва Широкостан представляют собой чередование низких поверхностей до 5 и высоких до 40 м - останцов «едомы». На низкой поверхности развиты полигональные структуры с многочисленными озерами, а высокая, выровненная покрытая мхом и лишайниками, местами заболоченная с системой очень мелких озер. Южные берега являются термоабразионными, высотой от 5 до 20 м. Здесь часто вскрываются полигонально-жильные льды. Длина всей береговой линии превышает 100 км, из которой термоабразионные берега занимают 40 км.

Донные осадки однотипны с Ванькиной губой. По площади абсолютно преобладают алевриты, которые на севере переходят в илестые алевриты. Подводный бар

сложен песком, более грубым в центре банки и мелким в нижних частях склонов. Геологическое строение Эбеляхской губы аналогично предыдущему району. Но подробнее об этом сказать нельзя, т.к. здесь не проводилось глубокое бурение.

Мелкое зондировочное бурение в Эбеляхской губе с судна было проведено Е.Н. Молочушкиным [19736] вибропоршневой трубкой при глубине моря более 4 м. При этом, длина выбранных колонок в зависимости от состава и состояния пород изменялась от 2-3 до 350 см. В некоторых пунктах губы вибропоршневая трубка не могла углубиться в рыхлые донные осадки. В одних случаях трубкой извлекались незасоленные донные осадки. Но чтобы судить о генезисе осадков недостаточно знать общую минерализацию отложений, а необходимо определять их солевой состав, который и в опресненных грунтах может быть морским, т.е. промытым тающим припайным льдом. В пяти случаях трубкой были подняты мелкие комочки мерзлого грунта, которые могут образоваться по разным причинам [Жигарев, 1988]. Формированию многолетнемерзлых пород на глубинах 5-10 м в Эбеляхской губе препятствуют и довольно высокие среднегодовые температуры дна за многолетний период [Жигарев, 1981], хотя и при таких температурах осадки могут замерзать при их засолении от 8 до 18‰.

Промерзание отложений происходит на осушках, с юга и востока окаймляющих губу. Эти отложения представляют собой новообразования многолетнемерзлых пород сравнительно небольшой мощности, уменьшающейся к краю ледяного припая. На подводном баре залегают реликтовые многолетнемерзлые породы, залегающие в основании разрушенного останца озерно-аллювиальной равнины зырянско-сартанского возраста. Мерзлотная и батиметрическая обстановка Эбеляхской губы показаны на рис. 3. Положение границы многолетнемерзлых пород выходит за пределы осушек и достигает изобаты 2,0 м. Но мощность мерзлоты, минимальная на этой глубине, растет по направлению к коренному берегу. Ширина полосы многолетнемерзлых пород на юге достигает 15-18 км, а на востоке не превышает 6 км. На подводном баре реликтовые многолетнемерзлые породы по аналогии с Ванькиной губой, по-видимому, представляют собой изолированный массив размерами не менее 2 x 4 км.

К юго-западу от Ванькиной губы расположена Селляхская губа и примыкающие к ней с запада обширные осушки вокруг островов Макара. Восточно-Шелонского и Западно-Шелонского и с востока приливно-отливная полоса. Селляхская губа представляет собой протяженный с севера на юг крайне мелководный (от 0 до 14 м) залив прямоугольного вида. Его длина колеблется в пределах 50-60 км, а ширина от восточного Юкагирского берега до кромки Макаро-Шелонской осушки составляет 30 км. В губе отсутствуют подводные банки. Дно ровное. В губу впадают многочисленные реки (Максунуоха, Данилкина, Селлях и др.), протоки и ручьи. Площадь Селляхской губы в пределах обозначенной границы составляет 1500-1800 км². Длина Макаро-Шелонской осушки вместе с островами составляет 50 км, а ширина ее изменяется от 1 км в районе Амгаргадамского побережья до 30 км в ее середине, там, где она пересекается протокой Макаро-Юёсэ. Ширина приливно-отливной полосы изменяется от 1 до 6 км.

Восточное побережье Селляхской губы представляет собой слабо расчлененную мохово-лишайниковую поверхность высотой 20-35 м с многочисленными озерами, наиболее крупные из которых (оз. Сюэггээн) имеет длину до 9 км, а ширину 2,0-2,5 км. Берега вокруг крупных озер и вдоль морского берега являются термоабразионными или термоденудационными. Общая длина восточных термоабразионных берегов составляет 12 км, а термоденудационных с развитой овражной системой - 15 км, что по отношению к длине всей восточной береговой линии составляет сравнительно небольшую часть. Высота термоабразионного берега достигает 20-21 м. В обрывах таких берегов иногда вскрываются полигонально-жильные льды. В южной части губы протяженность термоабразионного берега высотой 21 м составляет 10 км, в юго-западной же ее части распространены термоденудационные берега общей длиной 9 км, которые расчленены многочисленными промоинами и отвертками зарождающихся оврагов. Западный низкий

(0,5-1,5 м) берег губы представляет собой заозеренную поверхность, пересеченную ручьями и реками (Диринг-Юрэх). Восточное побережье о-вов Макар и Восточного Шелонского представляет собой непроходимые или труднопроходимые болотистые участки с развитым моховым покровом. Западные побережья этих островов представляют возвышенные участки (33-48 м) с ровной лишайниковой поверхностью местами заозеренные, а берега этих участков подмываемые морем, являются термоабразионными.



Рис. 3. Криолитозона Эбеляхской губы (условные обозначения на рис. 1)

Донные осадки Селляхской губы представлены илистым и песчанистым алевритом, а на отдельных участках средним илом или мелкозернистыми песками. При этом, илистый и песчанистый алеврит залегают в ктовой части губы и на ее выходе, а середина ее сложена, в основном, песком. Засоленность донных осадков губы летом сравнительно невелика (15-20‰).

Н.Ф. Григорьевым [1966] было проведено в 1963 г. мелкое бурение на восточном берегу губы в районе пос. Юагир, которое показало, что мерзлые отложения береговой отмели уходят и под дно губы более чем на 800 м от берега. Минимальная температура береговых многолетнемерзлых пород составляла $-11,3^{\circ}\text{C}$ на глубине 6 м. При нагонах береговая полоса затапливается слоем воды 0,5-1,0 м. На дне губы глубиной 1 м в 760 м от берега скважиной были вскрыты на глубине 1,2 м от дна многолетнемерзлые породы, которые продолжались и на глубине 8 м, а их температура на забое скважины достигала $-8,7^{\circ}\text{C}$. На глубине более 2 м кровля многолетнемерзлых пород, вероятно, углубляется и перекрывается охлажденными ниже 0°C породами. В губе Ю.К. Чащиным [Григорьев,

1966] изучалось криогенное строение многолетнемерзлых пород в районе пос. Юкагир на расстоянии 800 м от восточного берега при глубине моря 1 м, где были отмечены прочно сцементированные льдом породы. Мерзлые песчаные и песчано-алевритовые отложения содержат включения органического ила, обломки раковин и кристаллы соли, выпавшей в осадок при промерзании переувлажненных песков. Они характеризуются массивной криогенной текстурой. В заиленных прослоях песка встречаются также отдельные зерна, гнезда и прожилки льда толщиной до 1-2 см, имеющем зернистое строение. Подстилающие эти отложения черные илы значительно засолены, так как же при температуре -8°C они являются пластичномерзлыми. Встречающиеся в илах включения льда характеризуются зернистым строением. Они образуют горизонтальные шпирьы льда толщиной до 10 мм или залегают в виде отдельных зерен, образующих горизонтальные цепочки. Макаро-Шелонская песчаная осушка и осушки вокруг берегов губы также являются многолетнемерзлыми и, возможно, имеют массивную криогенную текстуру.

Таким образом, без глубокого бурения в центре Селляхской губы нельзя с уверенностью говорить о присутствии многолетнемерзлых пород. Несомненно они распространены вдоль берегов губы в приливно-отливных полосах и в пределах Макаро-Шелонской осушки, но имеют, по всей видимости, сравнительно небольшую мощность, так как представляют собой в большинстве случаев новообразования, а не реликтовые многолетнемерзлые породы. До некоторой степени об этом свидетельствует отсутствие подводных баров - песчаных банок. Широко распространены в рассматриваемом районе сезонно-талые и сезонно-мерзлые слои, а также охлажденные ниже 0°C . Выше рассматривались особенности залегания мерзлых пород восточной части моря Лаптевых.

На западе моря Лаптевых находятся губы Анабарская и Хатангская. Анабарская губа была исследована В.И. Соломатиным [*Соломатин, Фишкин, 1981*] в 1971 г. Она представляет собой водное пространство типа эстуария длиной 40 км и шириной 8-10 км, куда впадает р. Анабар протяженностью до слияния с реками Б. Куонамки и М. Куонамки 380 км. В Анабарской губе находится о-в Арангстаах, а севернее ее расположена отмель длиной 6 км и шириной около 1 км. В устьевой части губа переходит в Анабарский залив. На правом берегу находится м. Хорго, к которому примыкает песчаная коса, выдвинутая в акваторию залива на 2 км. На правом берегу распространена низкая морская терраса высотой 4-5 м, поверхность которой представляет систему концентрических галечниковых валов с песчано-глинистым заполнителем. Между валами находятся заболоченные пониженные участки. На поверхности террасы находятся озера и полигонально-жильные образования, трещины которых переходят каналы, заполненные водой. Терраса причленяется к высокой (30-40 м) поверхности, воженной в нижней части (20-25 м) коренными породами. Верхняя поверхность слабо всхолмлена и расчленена ручьями, по бортам которых распространены холмы, подобие байджарахов. Разрез скважины м. Хорго представлен горизонтом галечников мощностью 2,5 м, переслаивающихся илами и мелкозернистыми песками с включениями детрита. Мощность этой толщи 26 м. Осадки этой толщи имеют аллювиально-морской генезис. Ниже до кровли коренных пород на глубине 43 м вскрыты пески мелко-среднезернистые с гравийно-галечными прослоями.

Температура косы м. Хорго на подошве слоя годовых колебаний (16-18 м) равна $-11,8^{\circ}\text{C}$, а в тыловой части косы $-12,8^{\circ}\text{C}$. В.И. Соломатин наблюдал многолетнемерзлые породы на расстоянии 40-50 м от берега при глубине моря 3 м с толщиной припайного льда 2,3 м, кровля которых залегала глубже 16 м от дна. На больших глубинах моря мерзлых пород не встречено. По левому берегу залегают многолетнемерзлые породы, которые были вскрыты на глубине 1,5 м сразу под ледяным припаем. Ширина полосы многолетнемерзлых пород здесь составляет более 0,5 км. В сторону акватории кровля многолетнемерзлых пород погружается на большую глубину и на фарватере эстуария с глубинами 10-17 м они выклиниваются.

Большую роль в динамике многолетнемерзлых пород играют приливы. Высота приливной волны в районе Хорго достигает 1,0-1,5 м. Она распространяется вверх по р. Анабар на 90 км и в пос. Юрюнг-Хая составляет 0,5-0,7 м. Приливы-отливы вызывают более интенсивное разрушение берегов, чем в бесприливных условиях. Отсюда возрастает роль деградации многолетнемерзлых пород на разрушаемых участках берега и формирование новообразований мерзлоты на участках накопления отложений.

В юго-западной части моря Лаптевых глубоко в берег внедряется Хатангский залив длиной от устья (м. Галечный) до кутовой части (м. Б. Карга) 225 км и шириной 10-12 км (у м. Б. Карга) до 42 км (западный берег п-ва Юрюнг-Тумус). В Хатангский залив впадает р. Хатанга длиной 200 км и шириной от 2 до 10-12 км. Глубина Хатангского залива в устьевой части достигает 26-28 м, как и по фарватеру в кутовой части. В Хатангском заливе и р. Хатанге наблюдаются значительные приливы, которые распространяются до пос. Хатанга. При этом, прилив не образует волн по поверхности воды, а направляется сплошным потоком по живому сечению русла. Мощность прилива достигает в сизигию 2 м.

Под сезонно-мерзлым слоем залегают грунты, контактирующие со слоистыми многолетнемерзлыми породами, которые являются охлажденными ниже 0°C. Криолитозона в бухте Кожевникова имеет мощность более 615 м, а вблизи пос. Нордвикстрой - 590 м [*Геокриология СССР, 1989*]. Мощность многолетнемерзлых пород в пос. Хатанга составляет 375 м. Температура многолетнемерзлых пород на подошве слоя годовых колебаний составляет -12 -12,5°C. В скважине 8 (Нордвикстрой) на глубине 500 м температура составляет -1,5°C.

По берегам Хатангского залива и в его бухтах зона прилива настолько велика, что требует 18-21 часа на продвижение волны, в то время как полный приливно-отливный цикл близок к 12 часам [*Коровкин, Антонов, 1938*]. Поэтому на отдельных участках отливная волна из реки встречается с новой приливной волной со стороны моря. Это явление может вызвать быстрый рост уровня и распространение подпора вверх по реке, что создает условия слоистости многолетнемерзлых пород. Приливная волна способствует разрушению берегов и выходу на поверхность льда, что еще более интенсифицирует развитие деструктивных процессов.

Таким образом, восточная и западная части моря Лаптевых по характеру разрушения берегов отличаются друг от друга. Если в восточной части сохраняются подводные бары, значительно удаленные от коренных берегов с остатками, в основании, реликтовых льдов, то в западной - сильные приливно-отливные процессы способствуют интенсивной деструкции берегов и образованию слоистой мерзлоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геокриология СССР. Средняя Сибирь. 1989. 414 с.
2. Григорьев Н.Ф. Многолетнемерзлые породы Приморской зоны Якутии. М.: Наука, 1966. 180 с.
3. Жигарев Л.А. Инженерно-геологическая характеристика шельфа юго-восточной части моря Лаптевых // Исследования прибрежных равнин и шельфа арктических морей. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. С. 91-96.
4. Жигарев Л.А. Закономерности развития криолитозоны арктического бассейна // Криолитозона арктического шельфа. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1981. С. 4-17.
5. Жигарев Л.А. Инженерно-геологические исследования океанической криолитозоны // Инженерная геология, 1988. № 5. С. 51-59.
6. Жигарев Л.А., Плахт И.Р. Особенности строения, распространения и формирования субаквальной криогенной толщи // Проблемы криолитологии. Вып. 4. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. С. 115-124.

7. Жигарев Л.А., Совершаев В.А. Термоабразионное разрушение арктических островов // Береговые процессы в криолитозоне. Новосибирск: Наука, 1984. С. 31-37.

8. Коровкин И.П., Антонов В.С. Приливы в р. Хатанге и Хатангском заливе // Тр. Арктического ин-та. т. 105, 1938. С. 125-142.

9. Молочушкин Е.Н. К мерзлотной характеристике донных пород восточной части Ванькиной губы моря Лаптевых // Вопросы географии Якутии. Вып. 6. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С.123-132.

10. Молочушкин Е.Н. Влияние термоабразии на температуру многолетнемерзлых пород в прибрежной зоне моря Лаптевых // Докл. и сообщ. II Межд. конф. по мерзлотоведению. Вып. 2. Якутск: Книжное изд-во, 1973б. С. 52-58.

11. Пономарев В.М. Еще раз о гидрогеологических условиях полуострова Раздельного (о. Вайгач) и Амдермы // Проблемы Арктики, 1940. № 4. С. 81-91.

12. Соломатин В.Н., Фишкин О.К. Распространение многолетнемерзлых пород в районе эстуария р. Анабар // Криолитозона арктического шельфа. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1981. С. 53-62.

Ссылка на статью:



Жигарев Л.А. Особенности динамики береговой криолитозоны Арктических морей // Динамика Арктических побережий России. М.: Географический ф-т МГУ, 1998. С. 19-34.