

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ КРИОЛИТОГЕНЕЗА ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

А.В. Гаврилов, В.Е. Тумской

Московский государственный университет, геол. ф-т, 119899, Москва, Воробьевы горы, Россия

Приводятся результаты анализа мерзлотно-геологических, космических и топографических материалов, позволившие составить на восточное побережье моря Лаптевых картосхему осушек, расположенных в диапазоне абс. выс. -1,5... +5... +6 м и сложенных сильнольдистыми синкриогенными прибрежно-морскими отложениями. Одни из осушек формируются в настоящее время. Увеличение их размеров фиксируется по разновременным топографическим картам и космическим снимкам. Формирование других происходило в прошлом. По темпам современное прибрежно-морское осадконакопление превосходит позднеголоценовое. Это связывается с ослабленной в то время геологической деятельностью сгонно-нагонных колебаний уровня моря в связи с существованием многочисленных островов-останцов ледового комплекса.

Осушки, сгонно-нагонные колебания уровня моря, космический снимок, топографические карты

MODERN CRYOLITHOGENESIS PROCESSES ON THE EASTERN COAST OF THE LAPTEV SEA

A.V. Gavrilov, V.E. Tumskoy

Moscow State University, Department of Geology, 119899, Moscow, Vorobjovy Gory, Russia

The results of analysis of permafrost, geologic, topographic and cosmic data are given. On this base it has become possible to create a schematic map of shoals for the eastern part of the Laptev Sea in range of altitudes from -1.5 to +5 ... +6 m. The shoals are composed of syncryogenic offshore formations. One type of these formations is forming at present. Increase in their sizes is determined by comparison of topographic maps and cosmic photographs made at different times. Formation of others took place in the past. The rate of the modern offshore sedimentation exceeds the rate of the sedimentation in the Late Holocene. It can be explained by weakened activity of the away-fetch fluctuations of sea level and also by the existence of a great number of ice-complex islands-remains.

Shoal, away-fetch fluctuations of sea level, cosmic picture, topographic maps

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время внимание исследователей береговой зоны арктических морей сосредоточено в основном на изучении термоабразии. Формированию осушек и связанному с ним процессу современного прибрежно-морского осадконакопления, который, по-видимому, не менее распространен, чем термоабразия, уделяется гораздо меньше внимания. Этот процесс, в известной мере, антипод термоабразии. Он способствует наращиванию площади суши, тогда как термоабразия уменьшает ее. Наиболее быстро аккумуляция прибрежно-

морских осадков идет на участках поступления в море твердого стока крупных сибирских рек. Применительно к таким условиям (Енисейский залив и авандельта р. Индигирка) современные процессы накопления осадков, одновременно сопровождающиеся их многолетним промерзанием, описаны В.А. Усовым [1966]. Промерзание идет в условиях высокой обводненности осадков преимущественно снизу, со стороны кровли мерзлых пород и сопровождается интенсивным льдовыделением. Суммарная влажность таких отложений достигает, по данным указанного исследователя, 50-80%. На осушке

авандельты Индигирки им описана сингенетическая ледяная жила высотой в 2,5 м.

Район исследований (восточное побережье моря Лаптевых (рис. 1), где осушки особенно распространены) находится вдали от устьев крупных рек. Однако здесь, как и в других местах побережья моря Лаптевых, широко развита термоабразия. Очевидно, продукты разрушения позднеплейстоценового ледового комплекса (ЛК) являются основным источником питания формирующихся осушек.

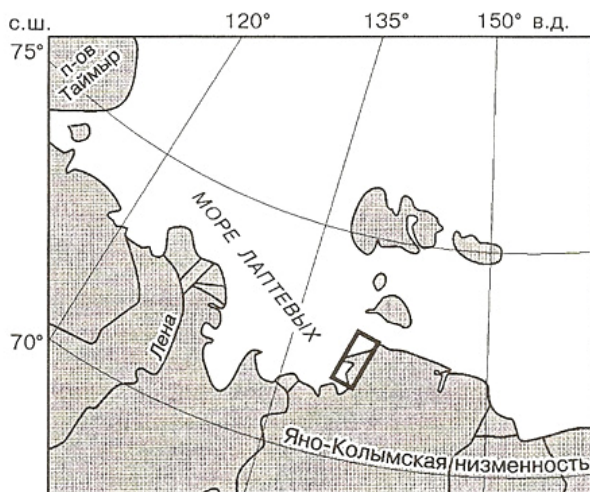


Рис. 1. Район исследований.

ОСУШКИ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Восточная часть моря Лаптевых относится к неприливым морям. Величина приливов и отливов практически не превышает $\pm 0,1$ м [Советская Арктика, 1970] и их геологическая деятельность незначительна. В береговой зоне наиболее широко распространены аккумулятивные ветровые осушки. Основным фактором их формирования являются ветровые нагоны и сгоны, геологическая деятельность которых реализуется в условиях очень отмелого берега и подводного берегового склона при поступлении с суши большого количества осадочного материала. Б.А. Попов и В.А. Совершаев [1979] выделяют: регулярные осушки, образующиеся при колебаниях уровня моря $\pm 0,5$ м; нагонные, достигающие высоты 1-5 м над средним уровнем моря, и сгонные, формирующиеся в интервале глубин 0,5-1,5 м и находящиеся большую часть времени под водой (рис. 2, Б). Мелководность моря приводит к тому, что ширина зоны регулярной осушки в Эбеляхской и Ванькиной губах, по данным указанных исследователей, составляет 1-3,3 км; сгонной - 1-3,4 км; нагонной 4,5-16 км. Ширина зоны миграции уреза полу-

чается равной 6,5-24 км. Одной из наиболее крупных осушек считается отмель в Янском заливе в районе Шелонских о-вов и о. Макар (рис. 3, № 25, 30). Она простирается вдоль берега на 25 км и выдвинута в море почти на 40 км. В район исследований эта отмель заходит своей северной частью.

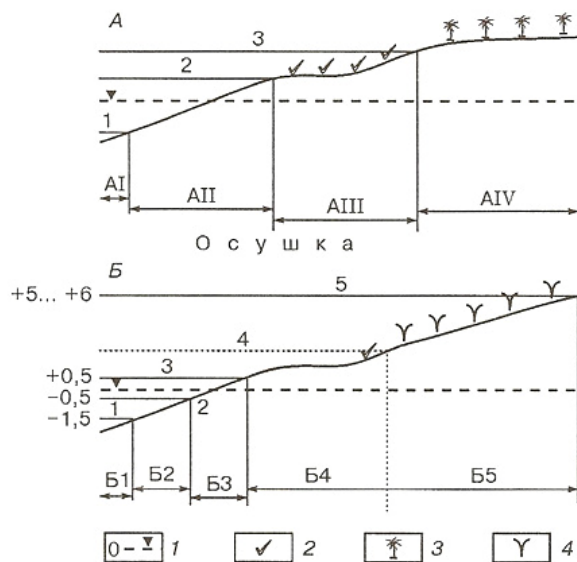


Рис. 2. Профиль берегов: А — приливно-нагонного [Морская геоморфология, 1980], Б — сгонно-нагонного (по Б. А. Попову и В. А. Совершаеву [1979] с добавлениями автора).

1 — средний уровень моря, м. Растительность: 2 — травянистая, выносящая засоление, 3 — лесная, кустарниковая, 4 — тундра.

А — уровни: 1 — малой воды в сизигию, 2 — наиболее часто повторяющегося квадратурного прилива, 3 — нагона при полной воде в сизигию. Части береговой зоны: AI — подводный береговой склон, AII — ватт, AIII — марш, AIV — польдер.

Б — уровни: 1 — максимального сгона, 2 — регулярного сгона, 3 — регулярного нагона, 4 — наиболее часто повторяющихся высоких нагонов, 5 — максимальных (катастрофических) нагонов (цифры слева от обозначения уровней — их абс. выс. (м) для восточного побережья моря Лаптевых). Части береговой зоны: B1 — подводный береговой склон; полосы осушек: B2 — сгонной, B3 — регулярной, B4 — наиболее часто повторяющихся нагонных, B5 — нагонных (максимальной и близких к ней).

Нагоны с подъемом уровня воды до 1 м повторяются в среднем 2 раза в год; до 1,5 м - 1 раз в год; до 2,5 м - 1 раз в два-три года; до 4 м - 1 раз в 10 лет [Тараканов, Новиков, 1976]. Максимальные нагоны (катастрофические), по расчетам указанных авторов, случаются 1 раз в 50 лет (при ошибке ± 20 лет). В 1958 г. было зарегистрировано максимальное нагонное повышение уровня на 5,2 м [Мустафин, 1961]. В 1908 г. К.А. Воллосович видел свежий плавник на высоте 6 м [Тараканов, Новиков, 1976]. В суживающихся к вершине заливов при прохождении нагонной или приливной волны наблюдается резкое возрастание ее высоты. К таким заливам относится Ванькина губа. В верховьях

долины р. Харыстах (см. рис. 3, № 22), служащей продолжением губы, галечно-щебнистая волноприбойная коса в подножии горы Харстан, маркирующая высоту нагонов, по данным Л.В. Тараканова и В.Н. Новикова, имеет абс. отм. 7-8 м. Сгонно-нагонные колебания уровня связаны с сильными и устойчивыми ветрами, которые бывают преимущественно осенью. В штормовые нагоны возникают аккумулятивные формы рельефа высотой до нескольких метров.

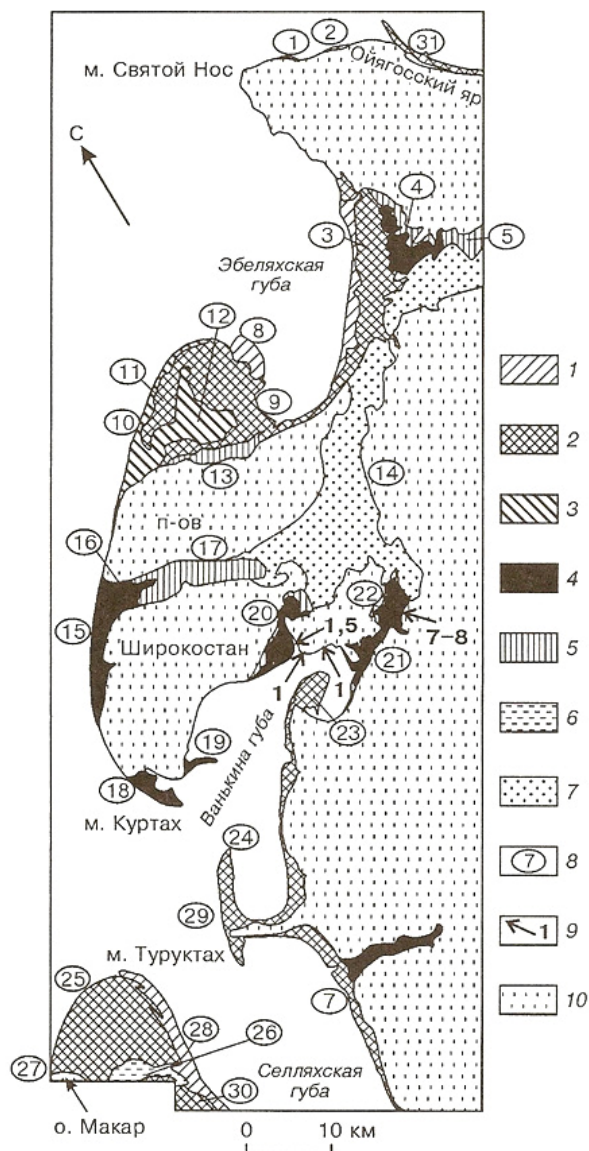


Рис. 3. Карта-схема дешифрирования осушек.

1 — верхние части сгонных осушек; 2 — регулярные осушки; 3 — преимущественно надводные части регулярных осушек; 4, 5 — зоны нагонов: часто повторяющихся (4) и редких (5); 6 — фрагмент долины реки с субэвральным ландшафтом, находящейся периодически (преимущественно?) под уровнем моря; 7 — прибрежно-морские голоценовые отложения, переработанные термокарстом; 8 — участки осушек, упоминающиеся в тексте; 9 — волноприбойные косы и их абс. выс., м (по Л. В. Тараканову, В. Н. Новикову [1976]); 10 — тундровые ландшафты Яно-Индигирской низменности.

Применительно к приливному морю к осушаемой полосе относится часть береговой зоны, расположенная между максимальными (сизигийными, бывающими в полнолуния и новолуния) уровнями отлива и прилива [Морская геоморфология, 1980; Каплин и др., 1991] (см. рис. 2, А). Нижняя часть осушки (между сизигийным уровнем отлива и уровнем наиболее часто повторяющихся квадратурных приливов) называется *ваттом*. Здесь отлагается основная часть наносов, перемещаемых приливной волной. Верхняя часть осушки — *марши (лайды)* затопляются только дважды в месяц и большую часть времени здесь существует субэвральный режим. На маршах поселяется влаголюбивая растительность, переносящая временный избыток солей. С повышением поверхности марша он затопляется только во время катастрофических наводнений, возникающих при совмещении во времени штормовых нагонов и сизигийных приливов или не затопляется вообще. Такие поверхности в последнее время в отечественной литературе стали называть *польдерами* [Каплин и др., 1991].

Существуют определенные аналогии по условиям осадконакопления в береговых зонах приливных и неприливных морей (см. рис. 2). Наиболее близкими являются условия ваттов, с одной стороны, и условия сгонных и регулярных осушек, выделяемых Б.А. Поповым и В.А. Совершаевым [1979], — с другой. Нагонные ветровые осушки, заливаемые при редких высоких нагонах (нагонные зоны в днищах долин) развиваются в основном в субэвральном режиме, как и марши приливных морей. Они, так же как и марши в своей верхней части, заняты разреженной растительностью (солянки, осоки). Здесь нередко также соленые озера.

Основным поставщиком материала для формирования осушек, как уже указывалось, по-видимому, надо считать минеральную составляющую разрушаемого термоабразией, термоденудацией и донной абразией ледового комплекса. Доля термоабразии в бюджете поступающего материала превосходит вклад речного стока [Арз, 1998]. Но это подсчитано для всего моря Лаптевых, где весьма значительна доля р. Лена. В восточной части указанной акватории, где крупных рек нет, по-видимому, действительно основным поставщиком материала являются указанные денудационные процессы. Об этом, в частности, свидетельствует состав донных отложений. Они представлены в основном песками [Арз, 1998; Государственная..., 1999]. Тонкодисперсная составляющая из донных осадков в значительной степени вынесена. Сами же ветровые осушки преимущест-

венно, а надводные практически полностью состоят из тонкодисперсных разностей. На топографических картах их обозначение сопровождается подписью «ил».

Сведения о положении осушек по отношению к уровню моря, весьма противоречивы. Так, на картосхеме, составленной Л.В. Таракановым и В.Н. Новиковым [1976], южная осушка в верхней части Ванькиной губы (см. рис. 3, №23) показана как надводная форма при среднем уровне моря, а на топокартах и 1952, и 1982 гг. - как подводная. А.И. Фартышев [1993] говорит о северной и южной косах, отгораживающих Ванькину губу от моря (см. рис. 3, № 8 и 24), как о подводных, а на всех картах северная коса (м. Куртах) показывается как надводная. Список таких противоречий можно было бы продолжить. Несоответствие сведений понятно в свете данных о масштабе сгонно-нагонных колебаний уровня моря и динамичности осушек. Кроме того, такое несоответствие характеризует слабую изученность этих образований.

В настоящей публикации в соответствии со справочными изданиями [*Морская геоморфология, 1980; Каплин и др., 1991*] ветровая осушка понимается как составная часть берега. Являясь в подавляющем большинстве случаев аккумулятивным образованием, она сложена осадочным материалом, перемещаемым во время ветровых сгонов и нагонов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Осушки являются весьма физиономичным природным образованием. Их внешний облик отчетливо отделяет эти образования от тундровых ландшафтов суши на аэро- и космических снимках. В нашем распоряжении был цветной синтезированный космический снимок (КС) - результат совместного проецирования (наложения) изображений в инфракрасной (ИК) и красной зонах. Этот снимок опубликован [*Космические методы..., 1998*], его масштаб около 1:850 000 м. Отсутствие необходимого набора зональных изображений (их целесообразно иметь три: в красной, ИК и зеленой (или голубой) зонах) ограничивало возможности исследования - на использованном КС практически не видны подводные объекты.

Для дешифрирования снимков необходимо знать данные наблюдений за уровнем моря на момент аэро- или космосъемки. Особенно это важно при анализе КС, поскольку съемка со спутника в автоматическом режиме производится при любой погоде. В климатологических справочниках публикуются только осреднен-

ные за месяц сведения. Использование литературных данных привело к заключению, что во время космосъемки 12 августа 1980 г. уровень моря был немного ниже среднего, хотя ряд сведений говорит о среднем уровне. Так, данные о среднемесячной скорости ветра по метеостанции Святой Нос в августе 1980 г. (5,3 м/с при средней за 1951-1985 гг. 6,0 м/с [*Справочник..., 1967, 1990*]) свидетельствуют, что гидрометеорологические условия были близки к средним. Это же показывает сопоставление КС со схемой, характеризующей местонахождение береговой линии в Ванькиной губе во время нагонов различной высоты, сгонов и в среднем за месяц [*Тараканов, Новиков, 1976*]. Основным показателем, склонившим чашу весов в пользу предположения о том, что космосъемка выполнена во время отлива или регулярного сгона, послужило положение уровня на снимке на обширной осушке у о. Макар, которое было интерпретировано нами как пониженное. Там, на месте морских проливов, между островами осушек оказались фрагменты долины реки с субэвральным ландшафтом. Отсутствие сведений в литературе об этом феномене говорило о том, что среднемноголетнее положение береговой линии, скорее всего, выше изображенного на КС. Вместе с тем его нельзя принимать и как сгонное. В этом случае несбивка в положении береговой линии в Ванькиной губе на снимке, с одной стороны, и на схеме из работы Л.В. Тараканова и В.Н. Новикова [1976] - с другой, была бы весьма значительной.

Помимо КС в работе использовались топографические карты м-ба 1:100 000 и 1:500 000. Топокарты м-ба 1:100 000 составлены в 1952 г. стереотопографическим методом и являются первыми, созданными по материалам аэрофотосъемки. Преобладающая часть территории на картах м-ба 1:500 000 характеризовалась состоянием местности на 1982 г., меньшая - состоянием на 1964-1975 гг. Сопоставление разновременных карт (1952 г. и 1982 г.) говорит о весьма существенных различиях в местоположении береговой линии. На рис. 4 показаны эти различия для той части территории, где они наибольшие.

Согласно нормативным документам на производство топографической съемки, проведение береговой линии регламентируется следующим образом. За береговую линию на картах 1952 г. в соответствии с действовавшим в то время наставлением [*Наставление..., 1948*] принималась линия уреза воды во время прилива. Позже, когда особо были выделены побережья неприливных морей, береговой линией для них считалась линия прибоя [*Основные поло-*

жения..., 1956; Наставление..., 1965 и др.]. При этом изображенные береговые линии подразделялись на «постоянные и определенные», с одной стороны, «непостоянные и неопределенные», с другой. Первые характеризуются «...стабильностью своего положения в плане и по высоте, четким изображением на аэрофотоснимках...» [Верещака, Подобедов, 1986, с. 25]. Вторым свойственны «...частые изменения положения. Они трудно определяются на местности и на аэрофотоснимках. Примером могут служить плоские низменные берега морей со сгонными и нагонными явлениями...» [Верещака, Подобедов, 1986, с. 25-26].

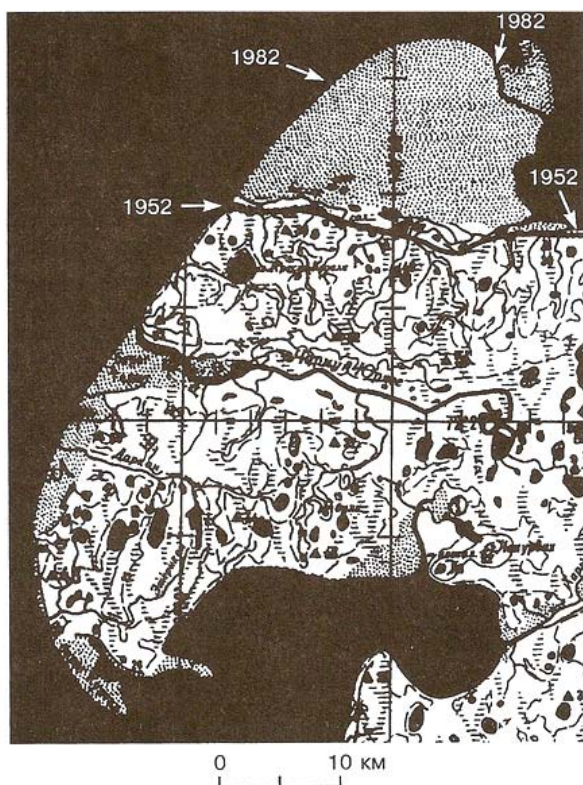


Рис. 4. Положение береговой линии на топографических картах 1952 г. (толстая черная линия) и 1982 г. (копия с карты 1982 г.).

Обычно при любых исследованиях (геологических, геоморфологических и др.) оперируют со средним (среднегодовым) положением уровня моря и береговой линии [Морская геоморфология, 1980; Каплин и др., 1991]. Регламентация показа береговой линии на топографических картах по линии прилива или прибоя, положение которых по отношению к среднему уровню моря существенно различно в разных точках Земли, снижает ценность этого источника информации. Подобная регламентация является преобладающей. Она подтверждена в ряде учебников (например [Верещака, По-

добедов, 1986]). Вместе с тем в некоторых наставлениях и учебниках [Наставление..., 1961; Топография..., 1959] «береговой линией моря... считается линия, соответствующая среднему уровню воды...» [Топография..., 1959, с. 24]. Это обстоятельство, а также отсутствие должного учета в нормативных документах [Наставление..., 1948; Наставление..., 1965 и др.] сгонно-нагонного характера колебаний уровня в береговых зонах арктических морей снижает доверие к картам как источнику информации при изучении динамики природных явлений.

Осушки или полосы осушек являются обязательным элементом содержания топографических карт. Как правило, они называются приливо-отливными [Наставление..., 1948, 1965; Основные положения..., 1956 и др.]. В соответствии с положением береговой линии к осушкам относится не только та их часть, которая находится ниже среднего уровня моря, но и несколько выше его - до высоты линии прибоя. В учебнике Т.В. Верещаки и Н.С. Подобеда [1986] полоса осушек определена как полоса между крайними положениями береговой линии, осушаемая при отливах или сгонах и покрываемая водой во время приливов или нагонов. При такой трактовке верхняя граница полосы осушек, показываемых на топокартах, повышается, перекрывая часть берега, линия которого должна быть проведена по линии прибоя. В целом карты, отражая подводные осушки и признаки нагонных зон на суше (поверхности, лишенные растительности; наличие соленых озер), дают значительную информацию о распространении осушек различного типа.

ТЕКТОНИКА

Современная и плейстоценовая тектоника являются одним из важных факторов, определяющих развитие современных геологических процессов. Формирующиеся осушки в пределах поднятий быстрее, чем на участках опускания, выводятся на уровень глубин, начиная с которых становится возможным сначала их сезонное, а потом и многолетнее промерзание. В пределах погружений при равенстве скоростей осадконакопления и опускания могут формироваться мощные субаквальные синкриогенные толщи.

Восточное побережье моря Лаптевых и прилегающая акватория относятся к подвижной платформе, в пределах которой выделяются два ее основные надструктурные элемента: Котельническо-Ляховская гряда и Лаптевская окраинно-материковая плита [Государственная.. 1999] (рис. 5). В пределах первого из них расположен

субмеридиональный Кигиляхско-Святоносский мегавал. С этой положительной структурой связано возвышенное, по сравнению с акваторией, положение восточного побережья моря Лаптевых. Наиболее поднятые блоки мегавала маркируются субмеридиональной цепочкой возвышенностей, сложенных верхнеюрскими терригенно-вулканогенными породами. Самая высокая из них гора Харстан имеет абс. отм. 558 м. Относительно опущенные блоки северо-западного и субширотного простирания выполнены кайнозойскими рыхлыми накоплениями, мощность которых, по данным бурения, не превышает 200 м [Государственная..., 1999]. На севере, в районе Новосибирских о-вов, к ним приурочены проливы.

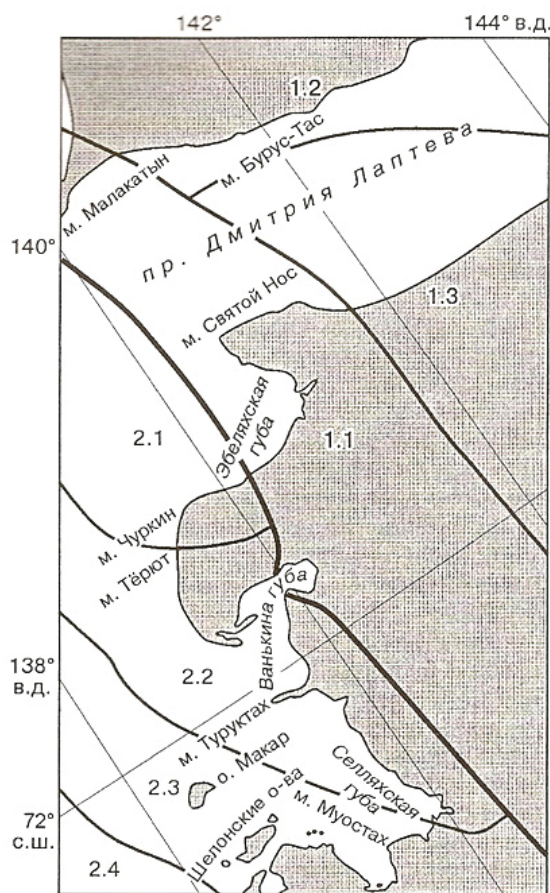


Рис. 5. Схема тектонических структур (составлена по материалам [Государственная..., 1999; Sekretov, 2000]).

Котельничско-Ляховская гряда: 1.1 — Кигиляхско-Святоносский мегавал, 1.2 — Тахтастхский прогиб, 1.3 — Ляховский мегавал. Лаптевская окраинно-материковая плита: 2.1 — Столбовский вал, 2.2 — Широкостанский прогиб, 2.3 — Шелонский мегавал, 2.4 — Чондонский прогиб.

Акватория на юго-западе района и п-ов Широкостан входят в состав Лаптевской окраинно-материковой плиты [Государственная..., 1999]. Северная половина полуострова

относится к Столбовскому валу, южная (вместе с преобладающими частями Ванькиной и Селляхской губ) - к Широкостанской депрессии. Признаки современного опускания побережья Ванькиной губы зафиксированы Л.В. Таракановым и В.Ю. Бирюковым [1974]. Отмель у о. Макар входит в Шелонский мегавал. Пониженное положение Лаптевской плиты определило накопление в ее пределах в позднеплейстоценовый криохрон мощного ЛК на более низких гипсометрических отметках, чем на соседнем Кигиляхско-Святоносском вале. Это, в свою очередь, обусловило ее большую доступность для озерного термокарста в эпоху обнажения шельфа и термоабразии во время затопления. Расположение подошвы позднеплейстоценового ЛК в пределах Кигиляхско-Святоносского вала на многие метры выше уровня моря определило его существенно меньшую подверженность разрушительному воздействию моря. Отступление берега здесь идет под действием термоденудации.

ДЕШИФРИРОВАНИЕ ОСУШЕК И КАРТОСХЕМА ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Использование цветного синтезированного КС дало возможность уверенного выделения осушек. Это связано с тем, что поверхности, лишенные растительности или с разреженным покровом, время от времени заносимые морскими наносами, по спектральной отражательной способности коренным образом отличаются от соседней суши, являющейся таковой постоянно и потому занятой сплошным растительным покровом [Физические основы..., 1967]. Другим свойством КС является передача различий во влажности (обводненности) обнаженных поверхностей. На снимке, где море изображено черным, обнаженные поверхности показываются зеленым цветом. Чем гуще зеленый цвет, тем в большей степени увлажнена поверхность. Значительная или частичная обводненность передается на снимке сочетанием густо-зеленых и темных участков. Это, по нашему заключению, находящиеся частично под водой сгонные осушки, по-видимому, их наиболее высокие части. Наиболее широкая полоса таких осушек выделяется вдоль восточного склона Селляхской отмели (см. рис. 3, №28). Характер фотоизображения показывает, что в формировании этой осушки большую роль играет течение с запада на восток, огибающее отмель с севера.

Густым темно-зеленым цветом обозначены на КС весьма разнородные поверхности. С одной стороны, это регулярные осушки, пре-

имущественно подводные при среднем уровне моря. Таким цветом изображены осушки вдоль восточного побережья Селляхской губы (см. рис. 3, № 7), осушка Туруктах (см. рис. 3, № 29), почти вся южная коса при входе во внутреннюю часть Ванькиной губы (см. рис. 3, № 23), широкая прибрежная отмель на востоке Эбеляхской губы (см. рис. 3, № 3). С другой стороны, подобным же цветом выражены надводные косы у мыса Куртах на южной оконечности п-ва Широкостан (см. рис. 3, № 18, 19), большинство нагонных зон на суше. К последним, называемым часто «нагонными заливами», относятся долины рек и ручьев, подверженные нагонам. Наиболее густым зеленым цветом изображены на КС известные нагонные зоны по долинам рек Чокурдах (см. рис. 3, № 20) и Харыстах (см. рис. 3, № 21, 22), впадающих в Ванькину губу. Длина нагонной зоны по р. Харыстах составляет 15 км. В верховьях р. Чокурдах (см. рис. 3, № 20), несмотря на то, что высота днища составляет 3,5 м, цвет ее поверхности на КС такой же темный, как и в низовьях. Таким образом, цвет напрямую не связан с высотным положением. Он характеризует частоту, продолжительность нахождения под уровнем моря, степень увлажненности поверхности. Но, по-видимому, не только. Очевидно, большую роль в формировании цвета изображения играет скорость осыхания поверхности после схода воды. Совершенно ясно, что при сгоне поверхность в открытых заливах типа Эбеляхской или Селляхской губы сохнет быстрее, чем в долинах рек. Именно по этой причине долины, лишь изредка подвергающиеся нагонам, выглядят на снимке так же, как регулярные сгонные осушки на открытых проветриваемых местах, находящиеся существенно большую часть времени под водой. Подтверждением большой роли продуваемости участков служит более светлый зеленый цвет изображения двух нагонных осушек, расположенных в открытых местах: прибрежной (см. рис. 3, № 15) и в низовьях р. Чуркун (см. рис. 3, № 16).

Менее густой зеленый и сильно осветленный цвета свойственны преимущественно открытым для ветров осушкам - на юге Эбеляхской губы (см. рис. 3, № 9-12) и на отмели у о. Макар, ограничивающей Селляхскую губу с запада (см. рис. 3, № 25, 30). Поверхность первой из них показана на карте, отражающей состояние местности на 1982 г., как преимущественно превышающая уровень приобья. Возможно, что в то время это было действительно так. Но на снимке 1980 г. изображение ее восточной части (см. рис. 3, № 9), учитывая продуваем-

мость этого участка, можно толковать только как осушку, находящуюся преимущественно часть времени под водой. Изображение лагуны (см. рис. 3, № 11) светлее. Представляется, что в затопленном состоянии она бывает меньшую часть времени.

Наиболее светлым зеленым тоном на КС показаны центральная, наиболее возвышенная часть осушки (см. рис. 3, № 12) и формирующийся бар на юге Эбеляхской губы (см. рис. 3, № 10), несколько зеленее - правобережье р. Суруктах в ее низовьях (см. рис. 3, № 4) и наименее подверженное нагонам место в верховьях р. Харыстах (см. рис. 3, № 22). Соотношение цветов - осветленный на повышениях Эбеляхской осушки (см. рис. 3, № 12) и более зеленый на продуваемых участках долин рек Суруктах и Харыстах (см. рис. 3, № 4, 22) - дает основание для интерпретации первой из них (см. рис. 3, № 12) как регулярной осушки, находящейся преимущественно в надводном состоянии. Возвышенная центральная часть Эбеляхской осушки и бар на ее западной окраине (см. рис. 3, № 12 и 10), по-видимому, явились участками, которые первыми вышли из-под уровня моря на этой отмели, которая на карте 1982 г. показана уже как участок, находящийся преимущественно в осушенном состоянии.

Северная оконечность отмели у о. Макар (см. рис. 3, № 25, 30), если основываться на цвете фотоизображения, в целом более понижена, чем Эбеляхская осушка, хотя преимущественно надводный характер ее центральной части и бара, расположенного также на западной периферии отмели, не исключается полностью. На схеме дешифрирования (см. рис. 3) эта отмель показана регулярной осушкой без подразделения ее на преимущественно надводную и подводную части.

Наличие фрагментов погруженного под уровень моря долинного ландшафта (см. рис. 3, № 26) между о. Макар и Шелонскими о-вами, обнажающегося при сгонах (или при отливах), требует отдельного рассмотрения. Каковы бы ни были причины такого явления (тектонические, сейсмические) - этот факт свидетельствует о денудационно-аккумулятивном генезисе Селляхской осушки. Отмели по бортам фрагмента долины (см. рис. 3, № 25, 30) своим первоначальным образованием могли быть связаны только с термоабразией или термоденудацией по ЛК, слагавшему остров или острова, останцом которого ныне является о. Макар. На западном берегу о. Макар останец едомы высотой 42 м в настоящее время все еще существует. Островов, сложенных ЛК, в море Лаптевых было великое множество. Свидетельством тому

являются о-ва Семеновский, Васильевский, Диомида и многие другие, исчезнувшие уже в последние сотни - десятки лет [Зубов, 1954; Гаккель, 1957].

Тектоническая позиция отмели в районе Шелонских о-вов и о. Макар (см. рис. 3, № 25, 30) свидетельствует о первоначальном существовании на ее месте полуострова, выдвинутого в акваторию Янского залива со стороны Чондоно-Селляхского междуречья. Он был приурочен к Шелонскому валу, возвышавшемуся в палеорельефе над соседними Чондонским и Широкостанским прогибами (см. рис. 5). Поэтому подошва ЛК, накапливавшегося в позднем плейстоцене, в пределах Шелонского вала располагалась выше по сравнению с соседними депрессиями. Днища термокарстовых озерных котловин в низовьях р. Чондон находятся ниже уровня моря, маркируя соответствующее положение подошвы ЛК [Романовский и др., 1999б]. Во время последней трансгрессии море продвигалось вглубь суши в первую очередь по тектоническим депрессиям. Этому способствовал озерный термокарст по ЛК. В тех местах, где ЛК залегал ниже уровня моря, термокарстовые котловины заливались морской водой, превращаясь в «термокарстовые лагуны». Этот процесс значительно увеличивал изрезанность береговой линии, обеспечивая активное термоабразионное воздействие на берега и темп наступления моря [Романовский и др., 1999б]. Таким образом, море в первую очередь заливало эрозионное понижение на месте восточной части современной Селляхской губы и район Чондонского прогиба. Позже этот процесс происходил уже в пределах Шелонского вала. По-видимому, термоабразированные останцы в бортах долины (см. рис. 3, № 25, 30) явились своего рода фундаментом для аккумуляции морских осадков. Таким образом, отмель в районе Шелонских о-вов и о. Макар, скорее всего, является абразионно-аккумулятивным образованием. Б.А. Попов и В.А. Совершаев [1979] также предполагают первоначальное образование этой осушки около отдельных островов.

По-видимому, морская аккумуляция происходит и на днище долины (см. рис. 3, № 26). Мелкий масштаб и незначительное геометрическое разрешение КС не позволяют увидеть это. Субаэральный облик долинного ландшафта свидетельствует о молодости его преимущественно (или, строже говоря, периодически) подводного положения. Указанное обстоятельство позволяет предположить сейсмическую природу современных вертикальных перемещений блоков земной коры в районе Селляхской отмели.

Абразионно-аккумулятивными, по-видимому, можно считать также морские косы вдоль отступающих берегов. К таким образованиям можно отнести в первую очередь косу вдоль Ойягосского яра (см. рис. 3, № 31).

До сих пор в сфере нашего рассмотрения были физиономичные зоны - зоны сгонно-нагонных колебаний уровня моря, полностью или по-преимуществу лишенные растительного покрова. Нефизиономичными, а потому труднодешифрируемыми, являются зоны, подверженные высоким и редким нагонам на суше: они покрыты такой же растительностью, как и другие части территории. С помощью КС и топокарт удалось выделить, по-видимому, только некоторые из них. Основными их картировочными признаками являются наличие соленых озер, а также конусы выноса нагонных потоков. Последние образуются в месте затухания нагона, где аккумулируются перемещаемые наносы. Они выделяются на КС зеленым цветом как поверхности с разреженной растительностью или вовсе лишенные ее. Такие участки и наличие соленых озер дали возможность выделить зону нагонов по долине р. Чуркун (см. рис. 3, № 17). Абсолютные отметки днища долины в средней части этой зоны превышают 3 м, а ее протяженность составляет не менее 25 км.

Протяженная нагонная зона на основании обширного поля аккумуляции наносов выделена также в долине р. Суруктах (см. рис. 3, № 5). Третья подобная зона (см. рис. 3, № 13) на карте 1952 г. показана как часть подводной осушки. На КС 1980 г. и карте 1982 г. (см. рис. 4, между черной линией и обозначением обнаженной поверхности) она изображена как покрытая тундровой растительностью поверхность с мелкими солеными озерами, возвышающаяся над основной поверхностью Эбеляхской осушки. Наличие обычной тундровой растительности свидетельствует о том, что она заливается крайне редко и только во время высоких нагонов. По-видимому, эту поверхность можно соотносить с маршами или даже польдерами приливных морей. Путь от ватта до марша или польдера нагонная зона № 13 прошла за неполные 30 лет. Напомним, что на карте 1952 г. она показана осушкой, находящейся ниже высоты линии прилива.

Нагонные зоны в долинах рек Чуркун и Суруктах (см. рис. 3, № 17 и 5) также можно считать польдерами. Дело в том, что эти долины (одна полностью, другая частично) выполнены морскими голоценовыми отложениями [Государственная..., 1999]. Таким образом, указанные зоны в прошлом являлись нагонными заливами, которые отличались от современной

Ванькиной губы только своими размерами. Повышаясь по мере аккумуляции, на стадии марша верховья этих отрицательных форм рельефа были освоены речной сетью. Дальнейшее повышение поверхности привело к тому, что верховья долинообразных понижений стали подвергаться только экстремальным нагонам, на смену солянкам и осокам пришла тундровая растительность. Низовья же этих понижений (например, см. рис. 3, № 4) в настоящее время, если судить по цвету изображения на КС, заливаются морем достаточно часто.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ ОБСТАНОВКИ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ

Наиболее значительные изменения, обусловленные современным осадконакоплением, связаны с крупной осушкой на юге Эбеляхской губы. Для ориентировочной оценки изменений был определен ее объем по топокартам, относящийся к 1952 и 1982 гг. На карте 1952 г. эта осушка показана расположенной ниже уровня прилива. Полной уверенности, что береговая линия проведена по высоте прилива, а не по верхней границе регулярных сгонно-нагонных колебаний уровня моря (это +0,1 и +0,5 м, соответственно) нет. Такой уверенности нет еще и потому, что береговая линия проведена как «постоянная или определенная». По этой причине повышение поверхности Эбеляхской осушки, которое непосредственно явствует из материалов дешифрирования, в оценке не задействовано. Оценка проводилась практически на основании динамики площади осушки.

На карте 1952 г. глубины моря непосредственно за контуром осушки составляют 2 м. Это согласуется с максимальными глубинами сгонных осушек в Эбеляхской губе, составляющими по Б.А. Попову и В.А. Совершаеву [1979] 1,5 м. Измеренная по картам площадь осушки составила 130 км². Мощность современной осушки принята как равномерно изменяющаяся от 0 на глубине 1,5 м до 1,5 м у уреза. Таким образом, средняя мощность составила 0,75 м, а объем тела современной осушки - чуть меньше 0,1 км³.

На карте 1982 г. осушка показана обозначением обнаженной поверхности, расположенной практически полностью в пределах суши (см. рис. 4). Она отделена от моря «непостоянной» береговой линией. Это означает, что вся осушка или часть ее в отдельные периоды может заливаться морем. Площадь осушки по карте 1982 г. оказалась равной 190 км². Если принять среднюю мощность осушки такой же - 0,75 м, то расчетный объем ее в 1982 г. составит

0,14 км³. Расчет, сделанный по КС, дал меньшую величину - 0,13 км³. Это объясняется не только более ранним сроком оценки. В указанном значении не учтена подводная, невидимая на снимке часть осушки. Учитывая несомненное повышение ее поверхности, можно сделать вывод, что Эбеляхская осушка за 30 лет ориентировочно могла увеличиться в 1,5 раза.

Эбеляхская осушка расположена в благоприятных для ее роста условиях. Известно, что к таким условиям, приводящим к ослаблению волнового режима, относятся существование очень отмелых берегов и наличие защиты: полуостровов, островов, кос [Каплин и др., 1991]. Замеренный по карте м-ба 1:100 000 уклон подводного берегового склона составил 0,00015. Это меньше, чем преобладающие для морей Лаптевых и Восточно-Сибирского уклоны (0,0002-0,001).

Весьма существенные темпы современного осадконакопления на Эбеляхской осушке дополняются приведенными выше данными о превращении участка ватта за неполные 30 лет в марш или польдер (см. рис. 3, № 13). За этот период участок начал осваиваться гидросетью. При этом повышающаяся поверхность Эбеляхской осушки, как это видно на рис. 4, отклоняет русла ручьев на 90°, направляя одно из них на запад, к морю, другое - на восток, в Эбеляхскую губу.

Значительные изменения фиксируются вдоль побережья Ойягосского яра, где формирование кос обусловлено морскими течениями. Основная коса, тянущаяся вдоль всего обнажения, за три десятилетия удлинилась на 4-5 км, существенно отклонившись на этом отрезке от направления берега (см. рис. 3, № 31). Конфигурация косы свидетельствует, что она связана с вдольбереговым течением с востока на запад.

Ряд данных получен в результате наземных наблюдений и анализа содержания топокарт. Встречное течение (с запада на восток) от м. Святой Нос обусловило образование мощной галечной косы, преграждающей в 7 км на восток от названного мыса сток безымянного ручья (см. рис. 3, № 1) (устное сообщение П.А. Никольского и А.Э. Басиляна). Направление русла ручья круто меняется на противоположное: с запад-северо-западного на восточного-восточное. Коса продолжает активно формироваться в настоящее время, промерзая по мере формирования. Такая же коса, как явствует из содержания топокарты м-ба 1:100 000, образована в устье руч. Чай-Поварня (в 16 км от м. Святой Нос) (см. рис. 3, № 2). Это в зоне действия вдольберегового течения с востока на запад. Здесь (в соответствии с направлением

морского течения) северо-восточное направление русла меняется на западо-северо-западное, параллельное берегу. Оба эти участка показаны на последней геологической карте [*Государственная...*, 1999] как участки развития морских голоценовых отложений.

Наряду с указанными участками на значительной части побережья современных изменений не выявлено. Это Ванькина губа и восточное побережье Селляхской губы, относящиеся к областям опусканий.

МЕРЗЛОТНЫЕ УСЛОВИЯ ОСУШЕК

Мерзлотно-зональные условия формирования осушек восточного побережья моря Лаптевых могут характеризоваться данными геотермических наблюдений на останцах едомной равнины Яно-Индигирской низменности, которые составляют $-11,4...-13,0^{\circ}\text{C}$ [*Геокриология СССР*, 1989]. Близ Ванькиной губы температура пород на едоме составляет $-12,5^{\circ}\text{C}$ [*Жигарев, Плахт*, 1977].

Мерзлотная характеристика осушек дается на основании материалов изучения субаквальных осадков в прибрежной зоне Ванькиной губы [*Катасонов, Пудов*, 1972; *Молочушкин*, 1973; *Жигарев, Плахт*, 1974; 1977; *Данилов, Жигарев*, 1977а,б; *Плахт*, 1979 и др.]. Существенно неодинаковое положение осушек по отношению к уровню моря (от $-1,5...-2$ до $+5...+6$ м) определяет разнообразие фациальных условий их накопления и промерзания.

Донные отложения на глубинах менее 2-2,5 м ежегодно подвергаются зимнему промерзанию [*Данилов, Жигарев*, 1977а; *Жигарев*, 1997; *Булдович, Данилов*, 1998]. Это связано со смерзанием припайного льда, толщина которого к концу зимы достигает 2 м, с донными грунтами. В случае осадконакопления, т.е. формирования осушки, повышение ее поверхности рано или поздно приводит к переходу сезонного промерзания осадков осушки в многолетнее. Согласно оценке, сделанной С.Н. Булдовичем по расчетной схеме, многолетнее промерзание засоленных песков (с температурой замерзания -1°C) в условиях побережья моря Лаптевых начинается с глубины 1,5 м [*Булдович, Данилов*, 1998]. На карте, составленной Л.А. Жигаревым и И.Р. Плахтом [1977], граница распространения современных и позднеголоценовых субмаринных ММП проведена по изобатам 1,5-2 м. Таким образом, не будет большой ошибки, если сказать, что в малоопресненных заливах восточного побережья моря Лаптевых на участках современной и голоцено-

вой аккумуляции субаквальная мерзлота приурочена почти исключительно к осушкам.

Осадки осушек промерзают по мере накопления, минуя стадию диагенетических преобразований. Свидетельством сингенетического промерзания современных и голоценовых субаквальных мерзлых осадков отмели Ванькиной губы (глубина моря 0,2-0,8 м) Е.М. Катасонов и Г.Г. Пудов [1972] считают их криогенное строение. Этим накоплениям, представленным засоленными слабоуплотненными песчанистыми алевритами и пылеватыми заиленными песками, свойственна высокая льдистость (до 45-70%) и косые криогенные текстуры в виде неправильных ломаных линз толщиной до 1,5 см. Мощность таких слабоуплотненных осадков, которые при оттаивании нередко текут, по данным вышеназванных авторов составляет от 1 до 15-18 м.

Температура указанных осадков характеризуется крайне низкими значениями. На отмели Ванькиной губы в подошве слоя годовых колебаний она составила: при толщине льда до 80 см $-10...-11,4^{\circ}\text{C}$ [*Катасонов, Пудов*, 1972], при толщине льда 20-40 см $-11,4...-11,6^{\circ}\text{C}$ [*Молочушкин*, 1973]. Это не намного выше, чем на прилегающей к побережью едомной равнине. Температура осадков сильно зависит от толщины льда, наличия снежного покрова и его характеристик. Сочетанием указанных факторов можно объяснить существенно более высокое значение температуры ($-5,8^{\circ}\text{C}$), полученное Л.А. Жигаревым и И.Р. Плахтом [1974, 1977] на песчано-галечном пляже вблизи уреза воды.

Строение криолитозоны осушек и прилегающего мелководья тесно связано с засоленностью пород. Наряду с многолетнемерзлыми, здесь могут быть распространены охлажденные отложения. Мощность ММП на подводных осушках, по-видимому, резко различна, поскольку зависит от времени существования (и соответственно начала промерзания) этих образований. Подошва ММП на участке в Ванькиной губе, изученном Л.А. Жигаревым и И.Р. Плахтом [1977], располагается на глубинах 100-150 м. Такие величины получены ими путем экстраполяции результатов геотермических наблюдений в скважинах глубиной до 55 м. Л.А. Жигарев и И.Р. Плахт считают, что современная и реликтовая мерзлота на данном участке сливаются, поскольку мощность современных ММП, по их мнению, не превышает 25 м.

Представляется, что указанные мерзлые толщи являются, скорее всего, новообразованными. Под ними существует мерзлота, сформировавшаяся в плейстоценовые криохроны на осушенном шельфе. Ее кровля вскрыта скважи-

ной на входном баре Ванькиной губы на глубине 86 м при слое воды 4 м [Григорьев, 1973; Жигарев, Плахт, 1974; Данилов, Жигарев, 1977]. Это сильнольдистые породы, которые прослеживались до забоя (100 м). Согласно последним данным моделирования, полученным разными исследователями [Романовский и др., 1997; 1999а; Danilov et al., 1998], мощность реликтовых субмаринных ММП в прибрежной зоне на широтах 71-72° составляет около 350 м.

О существовании под слоем мерзлоты, выявленной Л.А. Жигаревым и И.Р. Плахтом, реликтовых ММП свидетельствуют также отрицательные температурные градиенты в скважинах на мелководье Ванькиной губы. На основании данных по скважине, вскрывшей реликтовые ММП, моделирования и других более мелких скважин можно считать, что по всей акватории Ванькиной губы при глубинах моря более 1,8-2,0 м развит надмерзлотный субмаринный талик. Такое мнение высказывалось и ранее [Фартышев, 1993]. В зоне осушек талик имеет межмерзлотный характер.

Представление о мерзлом массиве в береговой зоне Ванькиной губы как о новообразовании позволяет сделать следующий вывод. Изученная здесь многими исследователями осушка возникла сотни или тысячи лет назад. Это доказывается большой мощностью синкриогенных субаквальных осадков, которые слагают ее, и большой мощностью сформировавшейся ниже этих осадков мерзлоты. Напомним, что мощность первых достигает, по данным Е.М. Катасонова и Г.Г. Пудова, 15-18 м, а суммарная мощность син- и эпигенетических мерзлых пород в указанном месте составляет 100-150 м [Жигарев, Плахт, 1977]. Возможно, эта осушка продолжает формироваться сейчас. Большая мощность синкриогенных слабоуплотненных осадков свидетельствует об их накоплении в условиях тектонического опускания. Таким образом, в береговой зоне восточной части моря Лаптевых распространены не только современные, но и древние осушки.

Осушкам, недавно превысившим в результате осадконакопления средний уровень моря (регулярные осушки в диапазоне высот 0...+0,5 м), также свойственно современное сингенетическое промерзание. Синкриогенный горизонт составляет верхнюю часть формирующихся в настоящее время толщ ММП. Отложения этого горизонта для осушки высотой +0,7 м были вскрыты до глубины 7,1 м [Плахт, 1979]. Они представлены засоленными (0,65-1,5%) переслаивающимися тонкозернистыми пылеватыми песками, песчанистыми алевритами, суглинками и глиной. Мощность подобных

отложений, по-видимому, в соответствии с данными Е.М. Катасонова и Г.Г. Пудова [1972], достигает 15-18 м. Ниже залегают эпигенетически промерзающие отложения. Толща ММП характеризуется резко выраженным нестационарным температурным режимом. По данным геотермических наблюдений в районе Ванькиной губы температура таких пород на подошве слоя их годовых колебаний составляет -11°C [Плахт, 1979].

Нагонные зоны в долинах рек и на побережье характеризуются сингенетическим промерзанием эпизодически отлагающихся илистых наносов. О высокой льдистости этих осадков, по-видимому, можно судить по выраженности в современном ландшафте их более древних аналогов - морских голоценовых террас, занимающих днища долин рек (см. рис. 3, № 14). На КС они представлены непрерывной полосой практически сливающихся друг с другом аласов, по освоенности которыми морские террасы не уступают отложениям позднеплейстоценового ЛК, насыщенного мощными повторно-жильными льдами.

Приведенная краткая сводка показывает сложность и разнообразие мерзлотных условий осушек и позволяет представить, что они тесно связаны не только с фациальными обстановками, составом, свойствами и засоленностью пород, мерзлотно-зональной обстановкой, но и скоростью осадконакопления, историей геологического развития и их криогенным возрастом.

ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В ГОЛОЦЕНЕ

Анализ геологической карты [Государственная. ..., 1999] показывает, что в момент затопления шельфа современный п-ов Широкостан представлял собой три острова, сложенные в основном ЛК (см. рис. 3), а оформление его как полуострова связано с прибрежно-морским осадконакоплением. Наиболее широко морские голоценовые отложения развиты на перешейке, отделяющем полуостров от материка (см. рис. 3). Их современное гипсометрическое положение свидетельствует о накоплении этих отложений в условиях более высокого уровня моря. Вопрос в том, когда море подошло к современной береговой линии п-ова Широкостан и в какое время формировались морские террасы?

Около 9 тыс. лет назад берег моря находился еще в 300-500 км севернее его современного положения - у о. Жохова, где этим временем датируется (по находкам артефактов) древнее поселение сухопутных охотников [Макеев,

Питулько, 1991]. Согласно Ю.П. Дегтяренко и др. [1982], около 7 тыс. лет назад береговая линия находилась уже на небольшом отдалении от п-ова Широкостан. Примерно таким же временем ($7,5 \pm 1,5$ тыс. лет назад) Л.В. Тараканов и В.Н. Новиков [1976] датируют формирование первой волноприбойной косы в Ванькиной губе (см. рис. 3). Максимум трансгрессии с превышением современного уровня моря, по Ю.П. Дегтяренко и др. [1982], приурочивается к 4 тыс. лет назад. Такая же дата приводится В.М. Макеевым и В.В. Питулько [1991]. Перечень приведенных данных показывает, что формирование морских террас можно предположительно относить к середине голоцена. Примерно в это время (6-5 тыс. лет назад) выделяется океанологический оптимум, когда объем наземных льдов на Земле был минимальным, а уровень Мирового океана - наивысшим [Зубаков, 1986].

Прибрежно-морское осадконакопление в голоцене увеличило площадь суши в районе п-ова Широкостан примерно на 400-500 км² (см. рис. 3). Суммарная продолжительность высокого уровня, превышающего современный, для всех морей России составляла в голоцене 1-2 тыс. лет [Каплин, Селиванов, 1999]. Если принять продолжительность высокого уровня и соответственно периода формирования морской террасы (террас) за 1 тыс. лет, то темп увеличения площади суши за счет прибрежно-морского осадконакопления составит 0,4-0,5 км²/год. В настоящее время, согласно ранее приведенным расчетам, прирост площади суши в условиях благоприятствующих осадконакоплению, существенно больше - 2 км²/год. Эти оценки являются в высшей степени ориентировочными. Однако они указывают на существование различий в условиях осадконакопления в настоящее время и в океанологический оптимум и различий довольно существенных, поскольку в условиях повышения уровня скорость осадконакопления оказалась ниже, чем при его стабильном положении.

В эпоху трансгрессии море заливало шельф, глубоко расчлененный озерным термокарстом [Романовский и др., 1999б]. Глубина расчленения, если ориентироваться на современные приморские низменности, составляла 20-40 м. В настоящее время процесс их термокарстового расчленения завершен, преобладающим элементом рельефа в отрицательных структурах являются аласы. Тогда, на начальных этапах этого процесса, шельф представлял собой едомную равнину, глубоко расчлененную массой мелких термокарстовых озер и котловин, соединенных друг с другом сетью ложбин

стока с крутыми бортами. Трансгрессия в такой обстановке имела характер ингрессии. Это не было морем в его обычном понимании. Оно представляло собой огромное количество сравнительно небольших водоемов, соединенных лабиринтом проток. В таких условиях волновая деятельность и связанные с ней термоабразия и прибрежно-морское осадконакопление были незначительными.

О динамике превращения описанных водоемов в море можно судить по возрасту и абсолютным высотам галечно-щебнистых волноприбойных кос в нагонных зонах на побережье Ванькиной губы, определенных Л.В. Таракановым и В.Н. Новиковым [1976]. Судя по абсолютным высотам (1-1,5 м) первые три косы (см. рис. 3), образовавшиеся, по расчетам авторов, $7,5 \pm 1,5$; $3,2 \pm 0,5$; $2,1 \pm 0,4$ тыс. лет назад, свидетельствуют о несопоставимости вплоть до 2 тыс. лет назад голоценовых ветровых нагонов с современными. Это говорит о существовании в указанное время в акватории нынешнего Янского залива архипелагов, сложенных ЛК. Незначительность нагонов обуславливала слабое развитие термоабразии, малое количество осадочного материала и незначительное прибрежно-морское осадконакопление. И только около 1,5-1,4 тыс. лет назад акватория была расчищена от основной массы островов-останцов ЛК. Об этом свидетельствуют возраст и абсолютная высота косы в «нагонном заливе» Харыстаха (см. рис. 3, №22), составляющие $1\ 440 \pm 290$ тыс. лет назад и 7-8 м соответственно. Таким образом, начиная с 1,5-1,0 тыс. лет назад сгонно-нагонные явления приобрели современное геологическое значение, определяя современную активность термоабразии и формирования осушек.

Выяснение времени затопления Ванькиной губы позволяет ориентировочно оценить возможные варианты скорости прибрежно-морского осадконакопления. Если считать, что накопление 15-18-метровой толщи синкриогенных осадков на осушке Ванькиной губы в условиях тектонического опускания началось сразу после ингрессии, указанная скорость составит 3 мм/год. Если начало накопления связать с приобретением сгонно-нагонными явлениями современного размаха, его темп будет равен 1 см/год. Последнее из полученных значений трудно совместимо с представлениями о скоростях вертикальных движений на платформах [Никонов, 1977]. Однако даже в этом случае скорость, равная 3 мм/год и более, превышает значения скорости накопления позднеплейстоценового ЛК (1-2 мм/год), полученные Т.Н. Каплиной [1978].

ВЫВОДЫ

1. Анализ материалов мерзлотно-геологических исследований, а также разновременных космических и топографических съемок позволил установить, что в береговой зоне восточной части моря Лаптевых формирование осушек является одним из ведущих геологических процессов. В одних случаях темп формирования осушек может быть столь значительным, что изменения их размеров фиксируются уже через первые десятки лет, в других - существующие осушки не обнаруживают признаков повышения своей поверхности и для выявления осадконакопления необходим ретроспективный анализ геологических материалов. Возможно, указанные различия связаны с современной тектоникой.

2. Ориентировочные расчеты показывают, что современное прибрежно-морское осадконакопление на порядок превосходит имевшее место в середине голоцена. Предполагается, что в это время геологическая деятельность ветровых нагонов была существенно ослаблена, акваторию заполняли многочисленные останцы позднеплейстоценового ЛК, существовавшие в виде архипелагов.

3. Для картирования и подразделения осушек целесообразно использование многозональных КС. Последние позволяют реализовать яркостные различия осушек разного типа и использовать эти различия для картирования и типизации указанных образований. Наибольший эффект и информативность получаемых материалов дает использование КС на основе опорных наземных данных.

4. На последней международной конференции в Пущино предложена программа изучения геологических процессов на побережье Северного Ледовитого океана силами исследователей многих стран. Представляется, что изучение процессов формирования и промерзания осушек, отличающихся интенсивным льдовыделением в весьма специфических условиях, должно быть ее неотъемлемым элементом.

Автор искренне благодарен С.М. Фотиеву, замечания которого способствовали устранению недочетов и улучшению редакции статьи.

Работа выполнена в рамках российско-германского проекта «Система моря Лаптевых 2000», NSF (США) (грант OPP-99 86 826), гранта Лаборатории им. О. Шмидта (OSL-01-19) и при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 00-05-64430).

ЛИТЕРАТУРА

Арз Ф.Э. Термоабразия берегов моря Лаптевых и ее вклад в баланс наносов моря // Криосфера Земли. 1998. Т. II. № 1. С. 55-61.

Булдович С.Н., Данилов И.Д. Температурное поле мелководных отложений арктических морей в полосе смерзания припайных льдов с донными грунтами // Криосфера Земли. 1998. Т. II. № 1. С. 62-67.

Верещака Т.В., Подобедов Н.С. Полевая картография. М., Недра, 1986, 352 с.

Гаккель Я.Я. Наука и освоение Арктики. Л., Морской транспорт, 1957, 132 с.

Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. М., Недра, 1989, 515 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:1 000 000 (новая серия). Лист S-53-55 - Новосибирские о-ва. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 1999.

Григорьев Н.Ф. Роль криогенных факторов в процессах россыпеобразования в прибрежной зоне моря Лаптевых // Матер. II Междунар. конф. по мерзлотоведению (Якутск, август 1973 г.). Вып. 3. Якутск, 1973, с. 101-111.

Данилов И.Д., Жигарев Л.А. Криогенные породы арктического шельфа // Мерзлые поро-

ды и снежный покров. М., Наука. 1977а. С. 17-26.

Данилов И.Д., Жигарев Л.А. Некоторые аспекты морской криологии арктической литорально-шельфовой зоны // Географические проблемы изучения Севера. М., Изд-во МГУ, 1977б, с. 115-135.

Десяренко Ю.П., Пуминов А.П., Благовещенский М.Г. Береговые линии восточно-арктических морей // Колебания уровня морей и океанов за 15 000 лет. М., Наука, 1982, с. 179-185.

Жигарев Л.А. Океаническая криолитозона. М., Изд-во МГУ, 1997, 318 с.

Жигарев Л.А., Плахт И.Р. Особенности строения, распространения и формирования субкавальной криогенной толщи // Проблемы криолитологии. Вып. IV. М., Изд-во МГУ, 1974, с. 115-124.

Жигарев Л.А., Плахт И.Р. Многолетнемерзлые и многолетнеохлажденные породы Ванькиной губы // Географические проблемы изучения Севера. М., Изд-во МГУ, 1977, с. 136-142.

Зубаков В.А. Глобальные климатические события плейстоцена. Л., Гидрометеиздат, 1986, 288 с.

- Зубов Н.Н. Отечественные мореплаватели - исследователи морей и океанов. М., Географгиз, 1954, 475 с.
- Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. Берега. М., Мысль, 1991, 480 с.
- Каплин П.Н., Селиванов А.О. Изменения уровня морей России и развитие берегов: прошлое, настоящее, будущее. М., Геос, 1999, 299 с.
- Каплина Т.Н. Скорости накопления, и возраст «ледового комплекса» приморских низменностей Якутии // Мерзлотные исследования. Вып. XVII. М., Изд-во МГУ, 1978, с. 142-148.
- Катасонов Е.М., Пудов Г.Г. Криолитологические исследования в районе Ванькиной губы моря Лаптевых // Мерзлотные исследования. Вып. XII. М., Изд-во МГУ, 1972, с. 130-136.
- Космические методы геоэкологии: Атлас / Ред. В.И. Кравцова. М., Изд-во МГУ, 1998, 108 л.
- Макеев В.М., Питулько В.В. [Новые данные о природных условиях в конце позднего плейстоцена - начале голоцена в высокоширотной Азиатской Арктике и времени ее заселения древним человеком](#) // Докл. АН СССР. 1991. Т. 319. № 2. С. 435-437.
- Молочушкин Е.Н. К мерзлотной характеристике донных пород восточной части Ванькиной губы моря Лаптевых // Вопросы географии Якутии. Вып. 6. Л., Гидрометеиздат, 1973, с. 123-129.
- Морская геоморфология: Терминологический справочник / Ред. В.П. Зенкович, Б.А. Попов. М., Мысль, 1980, 280 с.
- Мустафин Н.Ф. О катастрофических нагонах в юго-восточной части моря Лаптевых // Проблемы Арктики и Антарктики. 1961. Вып. 7. С. 59-65.
- Наставление по производству топографических съемок в неисследованных и малоисследованных районах СССР. М., Изд-во геодезической и картографической литературы, 1948, 66 с.
- Наставление по производству мензульных и теодолитных съемок в масштабе 1:10 000. М., Геодезиздат, 1961, 327 с.
- Наставление по топографическим съемкам в масштабах 1:10 000 и 1:25 000. Ч. 1. Полевые работы. М., Недра, 1965, 166 с.
- Никонов А.А. Голоценовые и современные движения земной коры. М., Наука, 1977, 240 с.
- Основные положения по созданию топографических карт масштабов 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. М., Редакционно-издательский отдел ВТС, 1956, 32 с.
- Плахт И.Р. [Стратиграфия и генезис кайнозойских отложений восточного побережья моря Лаптевых](#) // Исследование прибрежных равнин и шельфа арктических морей. М., Изд-во МГУ, 1979, с. 47-60.
- Попов Б.А., Совершаев В.А. [Ветровые осушки на берегах арктических морей](#) // Исследование прибрежных равнин и шельфа арктических морей. М., Изд-во МГУ, 1979, с. 81-90.
- Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Пустовойт Г.В. и др. Распространение субмаринной мерзлоты на шельфе моря Лаптевых // Криосфера Земли. 1997. Т. I. № 3. С. 9-18.
- Романовский Н.Н., Холодов А.Л., Гаврилов А.В. и др. Мощность мерзлых толщ восточной части шельфа моря Лаптевых (результаты моделирования) // Криосфера Земли. 1999. Т. III. № 2. С. 22-32.
- Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Тумской В.Е. и др. Термокарст и его роль в формировании прибрежной зоны шельфа моря Лаптевых // Криосфера Земли. 1999. Т. III. № 3. С. 79-91.
- Советская Арктика. М., Наука, 1970, 525 с.
- Справочник по климату СССР. Вып. 24, Якутская АССР. Ч. III, Ветер. Л., Гидрометеиздат, 1967, 270 с.
- Справочник по климату СССР. Вып. 24, Якутская АССР. Ч. IV, Ветер. Л., Гидрометеиздат, 1990, 551 с.
- Тараканов Л.В., Бирюков В.Ю. [Геоморфологические признаки современной ингрессии моря Лаптевых в районе полуострова Широкостан](#) // Геоморфология. 1974. №4. С. 98-100.
- Тараканов Л.В., Новиков В.Н. Применение расчетного (энергетического) метода к оценке возраста береговой линии моря Лаптевых в Ванькиной губе // Геоморфология. 1976. № 3. С. 87-93.
- Топография и аэротопография. М., Геодезиздат, 1959, 472 с.
- Усов В.А. Формирование ваттовых отложений в условиях вечной мерзлоты // Матер. VIII Всесоюз. совещ. по геокриологии (мерзлотоведению). Вып. 2. Якутск, Якут. кн. изд-во, 1966, с. 123-131.
- Фартышев А.И. Особенности прибрежно-шельфовой криолитозоны моря Лаптевых. Новосибирск, Наука, 1993, 135 с.
- Физические основы и технические средства аэрометодов. Л., Наука, 1967, 379 с.
- Danilov I.D., Komarov I.A., Vlasenko A.Yu. Pleistocene - Holocene Permafrost of the East Siberian Eurasian Arctic shelf // Permafrost Seventh International Conference, June 23-27, 1998: Proc. Yellowknife, Canada, 1998, p. 207-212.

Sekretov S.B. Petroleum potential of Laptev Sea basins: geological, tectonic and geodynamic factors // Polarforschung 68, III International Con-

ference on Arctic Margins, Celle Germany 12-16 October 1998, Bremerhaven, 2000, p. 179-186.

Поступила в редакцию
15 августа 2001 г.

Ссылка на статью:



Гаврилов А.В., Тумской В.Е. Современные процессы криолитогенеза восточного побережья моря Лаптевых // Криосфера Земли. 2002. Т. VI. № 1. С. 35-48.