

К.С. Воскресенский, В.А. Совершаев

РОЛЬ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ДИНАМИКЕ АРКТИЧЕСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ

Побережье арктических морей, сложенное дисперсными многолетнемерзлыми породами, отличается рядом специфических особенностей, обусловленных климатическими причинами. Расположенное в высоких широтах, его развитие происходит в более угнетенных тепловых и гидродинамических условиях. Достаточно отметить, что динамически активный (безледный) период времени в 5-10 раз короче, чем на морях умеренных и южных широт [Совершаев, 1992]. Длительная зимняя консервация побережий (9-10 месяцев в году) припайными и дрейфующими льдами сменяется кратковременным относительно теплым периодом времени. Под влиянием атмосферного тепла и солнечной радиации на поверхности береговых откосов в летнее время происходит оттаивание верхнего слоя и смещение оттаявших пород к основанию береговых откосов. В зависимости от величины оттаивания, влажности и льдистости грунта на поверхности береговых откосов развивается комплекс деструктивных процессов (осыпание, оплывание, солифлюкция), которые определяются как термоденудация [Жигарев, 1975], а берега, развивающиеся в этих условиях - термоденудационными. Вследствие ежегодного сноса оттаявших пород поверхность береговых откосов лишена какой-либо растительности, что делает ее наиболее уязвимой для разнообразных деструктивных процессов.

Морские воды в период безледного времени (около 2-х месяцев в году) оказывают на берега отепляющее воздействие. Температура воды у берегов летом может достигать 5-10°C. Наибольшего значения теплообмен между водой и мерзлой толщей происходит во время штормовых нагонов, достигающих у арктических берегов 1.5-2.0 м. В такие кратковременные периоды значительная площадь береговых откосов соприкасается с относительно теплыми морскими водами. Под воздействием этого тепла в многолетнемерзлых породах происходит выработка термоабразионных ниш глубиной до 8-10 м, обрушение береговых откосов по линии полигональных ледовых жил и размыв их волнами и течениями. Разрушение берегов под совместным воздействием тепловых и гидродинамических процессов носит название термоабразии [Арз, 1980].

Интенсивность термоабразии зависит от литологии пород и льдонасыщенности берегового уступа. Однако, даже на незначительных по протяженности участках термоабразионного берега, для которых геоморфологическое и криолитологическое строение практически одинаковое, скорости разрушения берегового откоса могут существенно отличаться. Это объясняется направлением и интенсивностью гидродинамических факторов, уклонами подводного склона. В механизме переработки побережья выделяются три основных процесса: термоабразия, термокарст (просадка поверхности морского дна), термоденудация [Арз, 1980]. В то же время очевидная взаимосвязь процессов разрушения берега и прилегающих к нему участков суши со своим

комплексом деструктивных процессов практически не рассматривалась. Термоабразия и термоэрозия как система экзогенных процессов для берегов арктических морей описана нами ранее [Воскресенский, Новиков, 1991]. Количественные характеристики по динамике берегов Печорско-Карского региона обобщены в работе [Совершаев, Камалов, 1992]. Для побережья моря Лаптевых М.Н. Григерьевым [1996] проведен анализ процессов термоабразии и термоденудации.

Изучение термоэрозии проводилось в основном в пределах речных бассейнов, в то время как значительная часть термоэрозионных оврагов привязана к морскому побережью, что составляет специфическую особенность развития берегов арктических морей. Высокая скорость разрушения термоабразионных берегов в условиях короткого периода динамической активности моря предопределяет и интенсивность развития оврагов, привязанных к этому весьма подвижному базису эрозии. Одновременно развитие оврагов сказывается на всем комплексе деструктивных процессов в пределах овражных водосборов.

При оценке количества обломочного материала, поступающего в море, крайне трудно разделить объемы продуктов термоденудации и термоабразии. Для такой оценки нами был проведен эксперимент на западном берегу Байдарацкой губы, из которого следует, что основная часть обломочного материала (70-75%) поступает к подножию береговых откосов в результате термоденудации и только 25-30% приходится на размыв мерзлой толщи берегов под воздействием термических и динамических процессов, т.е. термоабразии [Совершаев, 1996]. Объясняется это явление тем, что в южной части Байдарацкой губы гидродинамические процессы ослаблены и не способны выработать в основании береговых откосов глубоких термоабразионных ниш. На открытых морских побережьях, где волновое и термическое воздействие на берега более интенсивно, преобладают процессы термоабразии (м. Харасавэй, м. Марресале). При подсчете объемов обломочного материала, поступающего с западного побережья п-ова Ямал использовались многолетние наблюдения за отступанием берегов в результате суммарного действия процессов термоабразии и термоденудации.

Основными источниками поступления обломочного материала в береговую зону обычно считаются твердый сток крупных рек и продукты термоабразионного разрушения берегов. Другие источники поступления обломочного материала обычно в расчет не принимаются. Чтобы оценить их роль в общем балансе наносов, формирующих вдольбереговые потоки, мы провели изучение современных экзогенных процессов на западном побережье п-ова Ямал.

Здесь побережье характеризуется равнинным аккумулятивным рельефом и сплошным распространением многолетнемерзлых пород. Современный рельеф полуострова начал формироваться в конце среднего плейстоцена, когда в период регрессии моря происходило промерзание с толщ. Особенностью геоморфологического строения Ямала является ступенчатое строение поверхности, связанное с регрессивным этапом развития морского бассейна в позднечетвертичное время, когда здесь сформировалась серия морских террас.

По морфо- и литодинамическим признакам в пределах западного побережья п-ова Ямал выделяются три крупных литодинамических района: североямальский, среднеямальский и южноямальский.

В североямальском литодинамическом районе на участке от м. Скуратова до м. Бурунный (рис. 1) береговая линия образует вогнутую в сторону суши плавную дугу протяженностью более 200 км. Море срезает здесь морские террасы каргинско-сартанского (14-20 м) и позднесартанско-голоценового (7-12 м) возраста. Морская терраса каргинско-сартанского возраста представлена на побережье в виде трех небольших по протяженности участков, сложенных мелкими и пылеватыми хорошо сортированными песками, суглинками и глинами. Мощность этих отложений составляет 10-15 м. Лыдность суглинков и глин достигает 50-60%, песков - не превышает 30%.

Значительную часть побережья рассматриваемого участка занимает морская терраса позднеарктического голоценового возраста. Она отличается плоской поверхностью, заозерена до 10-15%. В строении разреза выделяются две пачки отложений: верхняя, мощностью 2-3 м, сложена мелкими и пылеватými песками, нижняя - суглинистая, мощностью 6-8 м. Объемная льдистость песков составляет 30-40%, суглинков - 45-55%. За счет повторно-жильных льдов общий объем льда в отложениях этой террасы увеличивается на 8-10%.

Почти половину исследуемого побережья занимают морские лайды и дельтовые равнины голоценового возраста высотой до 5 м. Поверхность дельтовых равнин плоская, осложнена полигональными формами рельефа.

На лайде заозеренность составляет 10-20%, на дельтовых равнинах 20-30%. Отложения этой террасы представлены супесчано-суглинистыми грунтами с прослоями пылеватых песков.

Большое количество рек и мелких водотоков, прорезающих исследуемое побережье, образуют при впадении в море обширные лиманы и эстуарии, поддерживаемые в настоящее время приливами и штормовыми нагонами. Основной объем твердого стока этих рек аккумулируется в эстуариях, в море выносятся лишь небольшая часть наносов.

Термоабразионные берега представлены в виде отдельных участков небольшой протяженности и в сумме составляют около 20% длины линии берега. Средняя скорость отступления термоабразионных береговых откосов составляет 0.8 м/год. Ежегодно от их абразии в море поступает около 200 тыс.м³ песчано-алевритового материала (с учетом льдистости отложений).

Необходимо отметить, что краевая часть побережий как правило расчленена более густой овражной сетью, прорезана долинами рек, ручьев и мелких водотоков. В этой зоне происходит разгрузка крупных рек, вынос в море жидкого, теплового, твердого и растворенного стока рек.

В периоды весеннего снеготаяния и летне-осенних дождей талые и дождевые воды эродировать поверхность береговых откосов и способствуют усилению деструктивных процессов на смежных участках суши и мобилизации высвобожденного грунта к основанию береговых откосов.

Для западного побережья Ямала овражное расчленение берега крайне неравномерно [*Воскресенский, Земчихин, 1986*]. В североямальском динамическом районе по мере продвижения на юг (от мыса Скуратова к мысу Бурунному) средняя длина оврагов уменьшается от 1.5 км до 600 м. Плотность оврагов (кол-во/км²) колеблется от 3 до 7, глубина вреза которых от 13 до 17 м. Короткие береговые овраги, непосредственно расчленяющие береговой откос, имеют форму, близкую к тетраэдру, что свидетельствует об их сравнительной молодости и преобладании глубинной эрозии по сравнению с ростом в длину. Такие овраги приурочены в большинстве случаев к участкам наиболее интенсивно разрушающихся термоабразионных берегов. В зависимости от высоты берегового откоса, плотности оврагов, их длины, объём материала, поступающего с погонного километра берега за счет термоэрозии, может достигать 6500-7000 м³/год, а общий объём материала - 220 000 м³/год (табл. 1).

На большей части береговых откосов высотой более 10-15 м активно развиваются термоденудационные процессы. Склоны, прилегающие к бровке берегового откоса, нередко осложнены циркообразными понижениями, сформированными в высокольдистых отложениях, днища которых приурочены к залежам подземных льдов. Разрушение термокаров усиливается за счет постоянного удаления обломочного материала с днищ термокаров к основанию береговых откосов. При этом дистальная стенка термокара отступает со скоростью, близкой к скорости разрушения берега. Поступление материала в море в результате деструкции термоцирков оценивается в 130 000 м³/год.

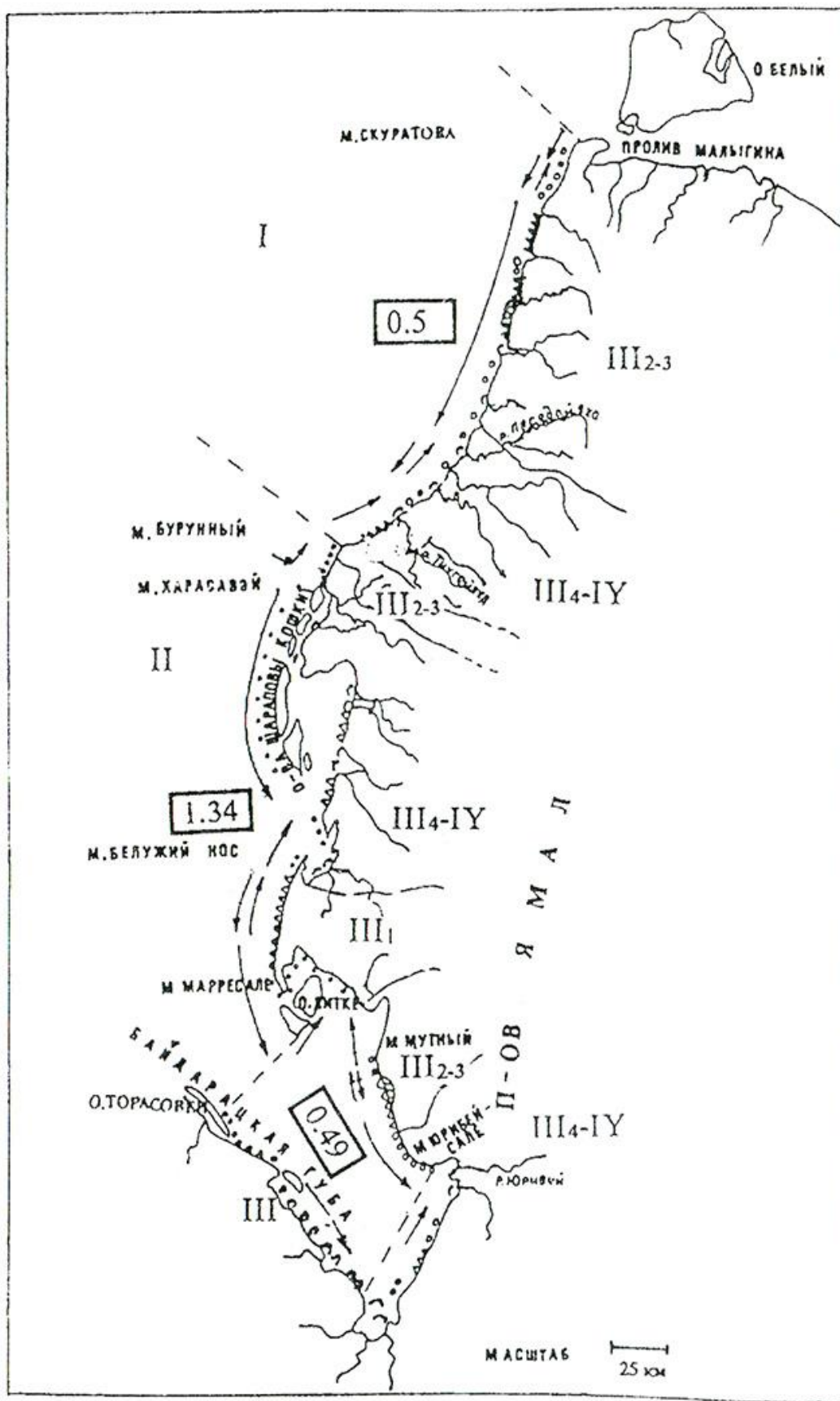
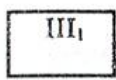
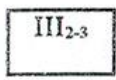
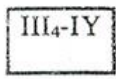


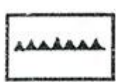
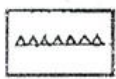
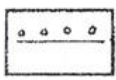
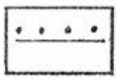

Рис. 1. Схема распределения обломочного материала, поступающего в Карское море за счет деструктивных процессов с западного побережья п-ва Ямал

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

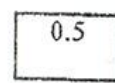


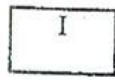
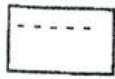
МОРСКИЕ ТЕРРАСЫ

-  - высотой до 45-60 м, казанцевского времени (III₁), сложена супесями, суглинками, глинами.
-  - высотой 25-40 м, зыряно-каргинского времени (III₂₋₃), сложена супесями, суглинками, глинами.
-  - высотой 14-20 м, позднесартано-голоценового возраста (III_{4-IV}), сложена преимущественно песками.

ТИПЫ БЕРЕГОВ

-  - термоабразионные активные
-  - абразионно-термоденудационные
-  - аккумулятивные с примкнувшей террасой
-  - аккумулятивные лагунные
-  - дельтовые

Прочие обозначения.

-  - количество обломочного материала млн. м³/год, поступающего в береговую зону
-  - направление вдольбереговых потоков наносов
-  - участки двусторонних миграций наносов
-  - районы
-  - границы районов

На пологих склонах оврагов, сложенных суглинистыми отложениями, в результате солифлюкционного движения также происходит перемещение грунта в пониженные участки. Скорость солифлюкции зависит от влажности и дисперсности грунтов, длины и угла наклона склонов и составляет от 2 до 8 см/год. Наибольшей скорости процесс солифлюкции достигает на льдистых, постепенно абрадируемых берегах. За счет солифлюкции в активную зону поступает 2 700 м³/год обломочного материала.

Дефляция развивается главным образом на участках побережья, сложенных песчаными породами. Наиболее активное ветровое разрушение пород приурочено к бровке берегового откоса и крутым склонам прибрежных оврагов и балок. При скорости ветра более 9-11 м/с на пляже, у подножия береговых откосов, наблюдается «метелевый» перенос песка мелкой и пылевой фракций. Как правило, основная масса песка переносится в слое 40-50 см. На поверхности пляжа в ветровой его тени при уменьшении скорости ветра остаются микродюны размерами до 10 м по длинной оси и высотой 6-9 см. Морфометрия котловин выдувания и микродюн показала значительный дефицит (до 30%) отложенного материала. Общее количество материала, поступающего за счет дефляции, составляет 10 000 м³/год.

Среднеямальский динамический район протяженностью 250 км включает побережье от м. Бурунный до о. Литке. Сюда входят две аккумулятивные формы: Харасавэйско-Шараповская и Марресальская. Это крупные намывные острова, которые отчленяют от моря обширные мелководные заливы.

На северном аккумулятивном участке к югу от м. Бурунный формируется современная пологонаклонная терраса (лайда), высотой 2-5 м, сложенная хорошо сортированным мелким песком. В южной половине этого участка море срезает морскую террасу высотой 6-12 м, сложенную льдистой песчано-глинистой толщей. Термоабразионные берега разрушаются здесь со скоростью 0.8-2.0 м/год. Обломочный материал, поступающий в море, выносится преимущественно к югу и идет на питание аккумулятивных островов Шараповы Кошки.

Южнее залива Вэбаркапаха расположена Марресальская абразионно-аккумулятивная система, представляющая собой выступающий в море массив, в северной части которого к морю выходит морская терраса высотой 25-40 м зыряно-каргинского времени, сложенная песками, супесями, глинами.

В средней части этого массива расположена морская терраса с высотами 45-65 м казанцевского времени, сложенная переслаивающимися песками, супесями и суглинками. В северной и средней части берега преимущественно абразионно-термоденудационного типа, скорости их отступления составляют 0.5-1.0 м/год.

К югу высота террас уменьшается до 14-20 м, здесь толща прорезана системой оврагов и небольших рек. К этой террасе приурочены термоабразионные берега, скорость отступления которых достигает 2.0 м/год. В пределах среднеямальского района в море ежегодно поступает около 1.3 млн.м³ обломочного материала, высвобождаемого от абразии берегов (табл. 1).

Значительные высоты берегового откоса в пределах среднеямальского района определяют высокую интенсивность овражной эрозии. Средняя длина оврагов здесь, как и в североямальском районе, уменьшается с севера на юг от 500 до 100 м. В то же время плотность оврагов на отдельных участках достигает максимальных для всего исследуемого побережья Карского моря значений и составляет 12 оврагов на км². Глубина вреза оврагов изменяется от 5-7 до 25 м. Для данного района характерна также и максимальная льдистость отложений (до 45%) за счет увеличения объема жильных льдов. Эти факторы определяют и максимальные объемы материала, поступающего в береговую зону в результате овражной термоэрозии - 352 000 м³/год.

Таблица 1

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА ОБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА, ПОСТУПАЮЩЕГО В КАРСКОЕ МОРЕ
ЗА СЧЕТ ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ С ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ п-ва ЯМАЛ

Участок побережья	Длина абрази- онных берегов, км	Средняя высота берегово- го откоса, м	Средняя скорость отсту- пания берегов, м/год	Льдис- тость, %	Количество обломочного материала, поступающего в море, тыс.м ³ /год				Суммарное количество обломочного материала, тыс.м ³ /год					
					Термоаб- разия (термоде- нуляция) берегов	Термо- эрозия* (овра- ги)	Термо- денуда- ция* (термо- цирки)	Соли- флюк- ция*	Деф- ляция*	без учета льдис- тости пород	с учетом льдис- тости пород	суглин- ки глины	пески разно- зернис- тые	
Североямальный динамический район														
м.Скуратова- м.Бурунный	$\frac{37}{211}$	8	0.8	25	237	220	130	2.7	10	600	500	350	150	
Среднеямальный динамический район														
м.Бурунный- о.Литке	$\frac{88}{266}$	15	1	30	1320	352	220	4.0	26	1992	1340	940	400	
Южноямальный динамический район														
о.Литке - о.Торасовэй	$\frac{37}{404}$	13	0.6	25	554	53	25	1.5	19	654	490	343	147	
									ВСЕГО	3246	2330	1633	697	

* - Процессы, развивающиеся в прибрежной полосе суши.

Высокая льдистость, наличие залежей подземных льдов, значительная глубина расчленения благоприятствуют здесь широкому распространению термоцирков. Как указывалось выше, интенсивное разрушение берегов усиливает процессы развития термокаров, расположенных вблизи береговых откосов. Это определяет значительный объём вещества, поступающего в море и оцениваемого в 220 000 м³/год (табл. 1).

За счет процессов солифлюкции и дефляции в среднежамальском районе ежегодно выносятся в море максимальное количество материала, равное соответственно 4 000 и 26 000 м³.

Южноямальский динамический район включает побережье от о. Литке до о. Торасовэй. Термоденудационные берега сложены песчаными и суглинистыми отложениями с линзами торфа. С поверхности, как правило, залегает 2-3 метровая толща среднезернистых песков, подстилаемая серыми суглинками и супесями, с включениями гальки и валунов. Геологическое строение побережья во многом определяет широкое развитие здесь оползневых и термоденудационных процессов, вследствие которых профиль склона, осложненный термоцирками и ступенями, имеет своеобразную конфигурацию. Наличие в строении толщи суглинистых отложений существенно понижает устойчивость берегов, поскольку при оттаивании они приобретают вязко-пластичную консистенцию, создают условия для широкого проявления термоденудационных и оползневых процессов. Для песков характерна массивная криогенная текстура, суммарная льдистость толщи составляет 30-35%.

В настоящее время термоденудационные берега отступают со средней скоростью 0.5-1.0 м/год. В пределах южноямальского динамического района ежегодно высвобождается от термоабразии берегов около 550 тыс.м³ песчано-алевритового материала.

Для южноямальского динамического района характерно практически повсеместное распространение супесчано-песчаных пород, а на Уральском берегу Байдарацкой губы - и гравийно-галечниковых. Суглинистые отложения встречаются на отдельных участках Ямальского берега.

При значительной высоте берегового откоса (13 м) на развитие деструктивных процессов существенное влияние оказывает льдистость пород (25%). Для побережья характерна весьма умеренная скорость отступления берегов, в среднем составляющая 0.6 м/год. Береговые откосы на участках отступления расчленяются в основном короткими оврагами длиной 70-250 м тетраэдровидной формы, глубина их врезания 10-15 м. Плотность оврагов не превышает 1-3 на км². Объём выносимого оврагами материала составляет 53 000 м³/год.

Термоцирки приурочены к участкам распространения суглинисто-супесчаных отложений, объём материала, поставляемого в активную зону оценивается в 25 000 м³/год.

Солифлюкция развита на участках распространения суглинистых отложений, объём поступающего материала невелик - 1 500 м³/год.

Преимущественное распространение в этом районе песчаных отложений обуславливает значительные объёмы материала, перемещаемого в береговую зону дефляцией - около 19 000 м³/год.

Во всех районах при отступании берегов нередко разрушаются борта термокарстовых котловин. Такие образования физиономически очень сходны с термокарами, однако активное поступление материала из них происходит при разрушении бортов котловин, примыкающих к береговым откосам. В течении 1-2 сезонов в днище такой котловины образуется овраг, расчленяющий берег и днище термокарстовой котловины. Рост таких оврагов в длину происходит с катастрофической скоростью (до 120 м/сезон). Поскольку развитие оврагов приурочено в основном ко времени схода снежного покрова и периодам интенсивных осадков, происходит «залповый» выброс материала в береговую зону; объёмы материала поставляемого таким путем определяются высотой днища термокарстовой котловины относительно уреза моря, диаметром ее днища

и глубиной вреза. Значительно отличающиеся вышеперечисленные параметры определяют большой разброс объемов поставляемого материала от 25-30 до 35-40 тыс.м³/год. Однако следует учитывать, что такие процессы происходят нерегулярно и осреднение их дает величину около 20 м³ в год.

Таким образом, можно говорить, что разрушение берегов арктических морей и, в частности, западного побережья Ямала происходит при активном участии современных деструктивных процессов, которые наиболее ярко проявляются на участках, примыкающих к термоабразионным берегам, сложенным высокольдистыми суглинистыми отложениями.

Развитие экзогенных процессов на побережье активизируется при интенсивном таянии и сходе снежного покрова, а также при максимальном оттаивании грунта в периоды продолжительных дождей в летне-осеннее время.

Обломочный материал, поставляемый на пляжи и к основанию береговых откосов подвержен интенсивной волновой переработке и сортировке в кратковременные периоды осенних штормовых нагонов. В это время происходит не только удаление накопленного обломочного материала, но также подрезка оснований береговых откосов и устьев оврагов, тем самым создаются благоприятные условия для дальнейшего развития термоденудационных процессов на побережьях арктических морей.

Следовательно, ведущим фактором в системе береговых экзогенных процессов является термоабразия, которая возобновляет и провоцирует дальнейшее деструктивное развитие, как на береговых откосах, так и на участках суши, примыкающих к ним.

Поступление материала в активную зону в результате активизации различных деструктивных процессов неравномерно не только по объему материала, но и по времени их проявления.

Как видно из данных табл. 2, поступление материала в активную зону в течение теплого периода отличается значительной неоднородностью. Одновременное совпадение активности процессов отмечается лишь для августа - периода значительного протаивания деятельного слоя и накопления в приповерхностном слое грунта запасов тепла.

Основываясь на изложенных выше данных по интенсивности процессов для западного побережья Ямала, были рассчитаны величины грунта, поступающего в волноприбойную зону в результате термоабразии и других деструктивных процессов, происходящих на побережье.

Максимальное поступление материала приурочено к побережью среднеямальского района, где с погонного километра берега в море поступает в среднем около 3 000 м³/год грунта.

Для североямальского района характерно поступление материала в количестве 2 000 м³/год на погонный километр.

И, наконец, для южноямальского района характерен большой разброс значений - от 50 до 800 м³/год на погонный километр.

Материал, поступающий в волноприбойную зону от разрушения берегов перерабатывается и в соответствии с гидродинамическими условиями распределяется в пределах шельфовой зоны. Из общего объема, равного 3 млн. 246 тыс. м³ около 1 млн. м³ составляет лед, который переходит в жидкую фазу. Тонкодисперсные фракции (суглинки, глины), составляющие 1 млн. 633 тыс. м³ под воздействием волн и течений, как правило, выносятся на более глубокие участки Карского моря. И только совсем небольшая часть от общего объема (697 тыс. м³) разнозернистых (в основном мелких) песков вовлекается во вдольбереговую поток наносов и расходуется на питание баров, пляжей и подводных валов.

Следовательно, в приходной части баланса наносов, поступающих в море с п-ова Ямал, отмечается дефицит песчаной фракции, что заметно сказывается на развитии береговых аккумулятивных форм. Как правило, пляжи и вдольбереговые валы имеют малую мощность, а на отдельных участках пляжи отсутствуют совсем. Вдольбереговые

потоки волновой энергии, полученные на основе многолетних данных по ветровому режиму с учетом фактического безледного времени и батиметрии Карского моря, образуют три литодинамических района (рис. 1).

Таблица 2

Время активизации (число дней) деструктивных процессов берегов

Процессы	Периоды активизации процессов, сутки (среднегодовое данные)					
	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	Всего
термоабразия (термоденудация на берегах)*	20/-	31/0.7	31/0.7	30/1.8	4/2.1	116/5.3
термоэрозия	5-10	-	7-12	2-3	-	14-25
термокарст	-	10	31	5	-	46
термоденудация (термокары)	-	5	25	-	-	30
солифлюкция	-	15	31	10	-	56
дефляция	2-3	7-8	10	7-8	-	26-29

* числитель - количество дней с положительной температурой воздуха, знаменатель - число суток со скоростью ветра ≥ 10 м/с (волноопасные румбы)

В *североямальском* районе расчетами выявлены две зоны конвергенции вдольбереговых потоков наносов, приуроченных к участкам их аккумуляции. Преобладающий вдольбереговой поток наносов направлен здесь к югу.

В *среднеямальском* динамическом районе вдольбереговой поток наносов также ориентирован к югу, но вследствие расчлененности береговой линии он образует две ветви, приуроченные к абразионно-аккумулятивным системам - Шараповы Кошки и Марресальские Кошки. К обширным заливам Крузенштерна, Вэбаркапах и Мутный приурочены конвергенции потоков, поэтому заливы заполняются разноразмерным, в основном тонкодисперсным обломочным материалом.

Южноямальский динамический район, включая куттовую часть Байдарацкой губы, является своеобразным приемником разноразмерного обломочного материала, о чем свидетельствуют подводные бары и обширные ветровые осушки в устьях рек Юрибея и Байдараты.

В целом можно отметить общую тенденцию переноса обломочного материала вдоль западных берегов п-ова Ямал в южном направлении, срезание выступающих в море мысов и заполнение наносами глубоко врезанных заливов.

Все эти процессы способствуют выравниванию береговой линии п-ова Ямал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арэ Ф.Э. Термоабразия морских берегов. М.: Наука, 1980. 159с.
2. Воскресенский К.С., Новиков В.Н. Термоабразия и термоэрозия берегов арктических морей как система экзогенных процессов // Проблемы экологии полярных областей. Вып.2. М.: Наука, 1991. С. 40-42.

3. *Воскресенский К.С., Земчихин В.Е.* Термозрозия на Севере Западной Сибири // Геоморфология. 1986. №1. С. 41-47.

4. *Григорьев М.Н.* Закономерности процессов термоабразии и термоденудации берегов арктических морей (на примере ключевых участков побережья моря Лаптевых) // Материалы Первой конференции геокриологов России. 3-5 июня 1996 г. кн. 3. Динамическая геокриология. М., 1996. С. 504-512.

5. *Жигарев Л.А.* Термоденудационные процессы и деформационное поведение протаивающих грунтов. М.: Наука, 1975. 109 с.

6. *Совершаев В.А.* Береговая зона арктических морей // Геоэкология Севера. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. С. 55-60.

7. *Совершаев В.А., Камалов А.М.* Устойчивость морских берегов в криолитозоне // Геоэкология Севера. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. С. 95-102.

8. *Совершаев В.А.* Задачи изучения морских берегов в криолитозоне в целях рационального хозяйственного освоения // Материалы Первой конференции геокриологов России. 3-5 июня 1996 г. кн. 3. Динамическая геокриология, М., 1996. С. 494-503.

Ссылка на статью:



***Воскресенский К.С., Совершаев В.А.* Роль экзогенных процессов в динамике арктических побережий // Динамика Арктических побережий России. М.: Географический ф-т МГУ, 1998. С. 35-48.**