

РОЛЬ КРИОГЕННОГО ФАКТОРА В ДИНАМИКЕ БЕРЕГОВ КАРСКОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ ПОС. ХАРАСАВЭЙ, ЗАПАДНЫЙ ЯМАЛ

Белова Н.Г., Огородов С.А., Баранская А.В., Камалов А.М., Кузнецов Д.Е.

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет,
nataliya-belova@ya.ru*

В районе пос. Харасавэй сеть мониторинга динамики берегов охватывает 20-километровый участок побережья от м. Харасавэй на юге до м. Бурунный на севере. Здесь расположено 33 профиля для наблюдений за динамикой берегов, начатых в этом районе сотрудниками НИЛ геоэкологии Севера (НИЛГЭС) географического факультета МГУ в 1981 г. Сильный вдольбереговой поток волновой энергии направлен к югу, начинаясь у м. Бурунного и заканчиваясь за пределами исследуемого участка у дистальной оконечности о-вов Шараповы Кошки [Попов, Совершаев и др., 1988]. Северная часть исследуемого побережья представлена низкими, относительно стабильными аккумулятивными берегами, здесь же мы рассмотрим динамику южных 9.5 км абразионного берега высотой 7-12 м (от пос. Харасавэй на севере до м. Харасавэй на юге). Повторные наблюдения по профилям сети мониторинга проводились в течение 9 полевых сезонов с перерывами между измерениями от года до 7 лет, что позволяет отследить межгодовую изменчивость скоростей отступления; последние полевые данные получены в 2012 году. Среднемноголетние скорости отступления приводятся далее для 45-летнего периода и получены в результате сопоставления двух космических снимков – снимка съёмочной системы Сogona 1961 года и снимка спутника ALOS PRISM 2006 года (рис. 1).

Из 9.5 км абразионного побережья лишь на участках, имеющих суммарную протяженность 2.6 км, среднемноголетние скорости отступления берега составляют больше 1 м/год. И лишь на протяжении 400 метров вдоль берега среднемноголетние скорости за 45-летний период превышают 2 м/год (см. рис. 1, 2).

А.А. Васильев оценивает скорость разрушения берегов в районе м. Харасавэй в среднем в 1.4 м/год (от 0.5 до 3.0 м/год) для периода 1978-2001 гг., не приводя, однако, более детальных данных [Васильев и др., 2006, 2011]. На основе анализа аэрофотоснимков разных лет (1976, 1990 и 2001 гг.), тахеометрических измерений (2006 г.) и дистанционного зондирования с применением цифровой аппаратуры с вертолета (2007 г.) сотрудниками ООО «Газпром добыча Надым» были определены скорости отступления берегов между м. Харасавэй и одноименным поселком [Юрьев, 2009]. Средняя скорость отступления берега для всего участка составила 1.1 м/год, минимальная – 0.5 м/год, максимальная – 2.3 м/год. Тут же указывается, что суммарное отступление береговой линии за период с 1976 года составило от 28.5 до 39.1 м, что не совпадает с предыдущими цифрами и соответствует скоростям 0.9-1.3 м/год. И.В. Юрьев справедливо отмечает, что отступление береговой линии зависит от инженерно-геологических условий и высоты берегового уступа (морфологии), однако более детальных данных не приводит.

Строение отложений береговых уступов. В районе пос. Харасавэй береговые уступы на протяжении 9.5 км к северу от м. Харасавэй сложены рыхлыми многолетнемёрзлыми четвертичными отложениями. Отложения береговых уступов изучались множеством авторов [Кап-лянская, 1982; Васильчук, 2012; Великоцкий, Мудров, 1985; Великоцкий, 1987; Григорьев, 1987 и др.]. Все исследователи на основании данных по строению грунтов, результатов химического, фаунистического и микрофаунистического анализов признают изначально морской генезис большей части отложений береговых уступов. В 2008 году авторами было прослежено строение отложений в береговых уступах между пос. Харасавэй и м. Харасавэй; берега сложены преимущественно морскими суглинистыми отложениями, местами песчаными пачками [Белова, 2014].

Часть уступов полностью сложена серыми сильнольдистыми (льдистость 45–50%) плитчатыми суглинками с сетчатой криогенной текстурой. В 2.5 км к северу от м. Харасавэй уступ высотой 9 м сложен серыми оскольчатыми суглинками, в интервале 1.1-3.0 м местами опесчаненными. Суглинки тяжелые, пылеватые, в их толще обнаружено значительное скопление раковин моллюсков типичных шельфовых видов и спикул губок (определения С.Д. Николаева и Е.Е. Талденковой) [Белова, 2014].

Пластовые льды в береговых уступах описаны авторами в северной части 9.5 км участка

(2 км). Пластовые льды залегают в верхней части песчаной толщи и приурочены к поднятиям её кровли, резко поднимающейся и падающей под урез моря. В основании уступа вскрываются пески желтовато-серые с отчетливой горизонтальной слоистостью, местами с остатками раковин моллюсков и фауны, с суглинистыми прослоями. В верхней части уступа пески перекрыты суглинками серыми оскольчатými. Пески тонкозернистые, пылеватые, содержат прослои, обогащённые растительным детритом. Вверх по разрезу они постепенно переходят в ритмично построенную пачку ленточноподобных алевритов (переслаивающихся суглинков, алевритов и тонких песков) мощностью до 1.5 м, перекрытую серыми суглинками. Все переходы между пачками вмещающих пластовый лёд отложений постепенные.

М.А. Великоцкий и Ю.В. Мудров описали строение разреза вблизи мыса Харасавэй [Великоцкий, Мудров, 1985]; это единственный участок, где под песчаной толщей вскрываются оскольчатые морские глины, в кровле которых обнаружены псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам, что говорит о субаральном этапе, предшествовавшем началу накопления вышележащей песчаной толщи.

Скорости отступления бровки берегового уступа. Участок от пос. Харасавэй до м. Харасавэй имеет практически прямую береговую линию, вытянутую с север-северо-востока на юго-юго-запад. Однако, несмотря на сходные ветроволновые условия и экспозицию склонов, скорости отступления отдельных береговых сегментов весьма различны. Темпы отступления береговых уступов определяются здесь их строением и объемом наносов, поступающих в зону пляжа и мелководья. Наиболее стабильные сегменты берега приурочены к участкам с широкими пляжами и осушками, сформировавшимися за счёт материала, вынесенного реками или привнесённого вдольбереговым потоком наносов.

Берега к югу от пос. Харасавэй развиваются преимущественно по термоабразионно-термоденудационному типу. Из 9.5 км побережья лишь на участках, имеющих суммарное протяжение 2.6 км, среднемноголетние скорости отступления берега составляют больше 1 м/год. Термоабразионные берега распространены меньше, однако именно их развитие определяет максимальные скорости отступления береговых уступов.

Почти 4-км сегмент берега непосредственно к югу от пос. Харасавэй отступает со скоростями менее метра в год. Этот участок берега развивается под значительным влиянием оползневых криогенно-склоновых процессов. Лишь на протяжении 400-метрового участка, примыкающего с севера к устью р. Нявоталова-Яха, скорости достигают 1.1 м/год.

К югу от устья р. Нявоталова-Яха берег на участке протяженностью 2.5 км отступает с максимальными скоростями 0.8 м/год; большая же половина участка стабильна, береговые уступы освоены растительностью. Таким образом, северные 6.5 км исследованного берега отступают незначительно.

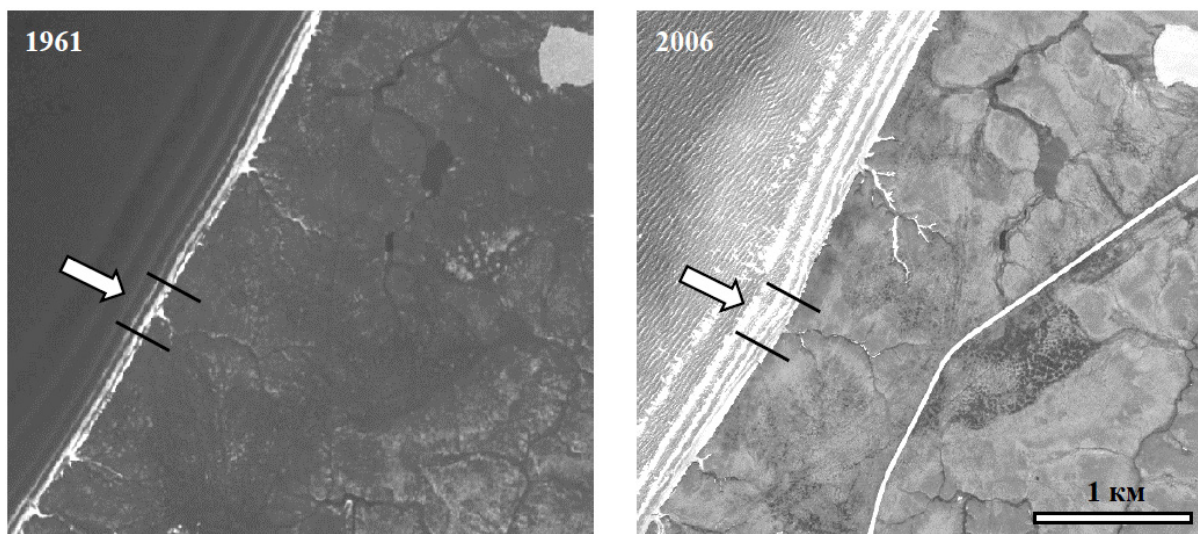


Рис. 1. Фрагменты космических снимков побережья к северу от м. Харасавэй: снимок Corona, 1961 год (слева) и снимок ALOS PRISM, 2006 год (справа). Стрелки указывают на сегмент берега, в пределах которого уступ отступает со среднемноголетней скоростью более 2 м/год (1961-2006)



Рис. 2. Термоабразионный берег в 2 км к северу от м. Харасавэй

Напротив, южнее, на протяжении 3 км до мыса Харасавэй берег отступает со скоростями более 1 м/год. На участке протяженностью 400 м вдоль берега среднемноголетние скорости достигают величин более 2 м/год. При сравнении снимков 1961 и 2006 года (рис. 1) видно изменение формы береговой линии на этом участке – за 45 лет она из практически прямой стала вогнутой. За период 1981-1987 гг. скорости были ещё выше по сравнению со среднемноголетними за 45-летний период – средняя скорость отступления береговых откосов, сложенных льдистыми породами с узкими (10-15 м) пляжами, составила 4.2-4.5 м/год, максимальная – 11.8 м/год [Совершаев, Камалов, 1992]. Однако максимальная скорость здесь завышена, т.к. была рассчитана с учётом глубины абразионной ниши. За 2 летних сезона 1981-1982 гг. берег здесь отступил на отдельных участках на 8.5-8.8 м. Скорость отступления на одном из профилей только за 1981 год составила 8 м, в 1982 году профиль был полностью утрачен.

Высокие скорости определяются криолитологическим строением и составом пород. На участке с максимальными скоростями отступления уступ высотой 9-10 м сложен сильнольдистыми морскими суглинками с сетчатой криогенной текстурой и повторно-жильными льдами (ПЖЛ) в верхней части уступа (рис. 2). При размыве суглинков не образуется материала для формирования пляжа, узкий пляж и сильнольдистый состав грунтов в свою очередь способствуют выработке глубоких волноприбойных ниш, в результате берег отступает отдельными блоками. Формированию блоков способствует и эрозия по ПЖЛ.

Значительным разрушениям (до 4.3 м /год в период 1981-1987 гг.) подвержены также участки берега, сложенные среднелльдистыми (20-40%) породами, выходящими непосредственно к урезу воды. Такие условия характерны для мыса Харасавэй, который согласно 30-летнему ряду наблюдений разрушается со средней скоростью около 5.0 м/год. Построенные здесь в 1953 году полярная станция м.Харасавэй и маяк с одноимённым названием через 30 лет оказались под угрозой разрушения, поэтому они были демонтированы и перенесены на другое место [Совершаев, Камалов, 1992; Природные условия..., 1997]. По данным журнала ГМС Харасавэй, скорость отступления мыса составляет 2.7 м/год (среднее за 55 лет); быстрое отступление обусловлено положением на мысу, а, главное, неоднократным изъятием пляжевых наносов для нужд строительства порта.

Таким образом, наиболее активно рельеф в береговой зоне изменяется на берегах термоабразионного типа. В связи с активным удалением материала из зоны пляжа в результате волнового воздействия, разрушение берегового уступа активизируется не только за счёт прямого размыва (что происходит только при наиболее сильных штормах), но и за счёт активного склонового транспорта материала (в основном в результате термоденудационных процессов – оползней, сплывов, солифлюкции, термоэрозионных и эрозионных процессов). Так как материал из зоны аккумуляции криогенно-склоновых процессов всё время удаляется воздействием волн, динамическая система склонов поддерживается в неравновесном состоянии и разрушение берегового уступа активизируется. В случае с абразионно-термоденудационным типом берегов такая активизация выражена слабее, и береговой уступ не подвергается прямому воздействию морских волн, соответственно, скорость разрушения таких берегов значительно ниже.

На расстоянии 7-9 км к северу от м. Харасавэй расположен участок берега с высотами 7-12 м, на котором в береговом уступе вскрываются пластовые льды. Они залегают отдельными линзами мощностью до 1-2 м и длиной первые десятки метров, или сериями линз, вскрываясь в разные годы на различных участках берега. Спорадическое залегание пластовых льдов опреде-

ляет большие контрасты в скоростях отступления соседних участков и высокую межгодовую изменчивость скоростей в одних и тех же береговых створах. Среднегодовое значение скоростей здесь невелики – от 0 до 0.9 м/год. Однако в отдельные годы скорости катастрофически возрастают; так, профиль 5 отступил за период с октября 1981 по октябрь 1982 г. на 7.3 м. Профиль 3 за 2 месяца 1981 г (сентябрь, октябрь) отступил на 2.5 м, а в следующем году профиль был утрачен. Причина не столь быстрого отступления участка берега с ледяными льдами по сравнению с участком с ледяными суглинками – в ином криолитологическом строении берегового уступа. Маломощные ледяные залежи залегают в верхней части пачки песков, и в результате абразии к урзу моря поступает материал, способный формировать пляжевые наносы. Ледяность вмещающих ледяных отложений меньше, чем у сильноледяных суглинков, что уменьшает скорость термоабразионных и термоденудационных процессов.

Выводы. Среднегодовое значение скорости отступления берегов на Харасавэйском участке составляет порядка 1 м/год, на наиболее неустойчивых сегментах, где в береговые уступы сложены суглинками, имеющими высокую ледяность (45–50%) – 2 и более м/год. В отдельные годы скорость абразии берегов заметно увеличивалась, что было обусловлено экстремальными осенними штормами или техногенным изъятием наносов с пляжей.

Наибольшие величины скоростей отступления берегов за счёт криогенного строения характерны для термоабразионных уступов, сложенных сильноледяными суглинками; на этом участке берег отступает равномерно с достаточно высокой скоростью – более 2 м в год. Ледяные залежи, вскрывающиеся в береговых уступах лишь на двухкилометровом участке побережья, здесь не оказывают существенного влияния на скорость отступления берегов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-35-60099 мол_а_дк. Исследование проведено в соответствии с госбюджетной темой АААА-А16-116032810055-0 «Геоэкологический анализ и прогноз динамики криолитозоны Российской Арктики».

Литература:

- Белова Н.Г. Ледяные залежи юго-западного побережья Карского моря / Н.Г.Белова. М., МАКС-Пресс, 2014, 180 с.
- Васильев А.А., Стрелецкая И.Д., Черкашев Г.А., Ванштейн Б.Г. Динамика берегов Карского моря // Криосфера Земли, 2006, т. X, №2. С. 56–67.
- Васильев А.А., Широков Р.С., Облогов Г.Е., Стрелецкая И.Д. Динамика морских берегов Западного Ямала // Криосфера Земли, 2011, т. XV, №4. С. 72–75.
- Васильчук Ю.К. Изотопные методы в географии. Ч. 2: Геохимия стабильных изотопов ледяных залежей / Ю.К. Васильчук. М., Изд-во Моск. ун-та, 2012, т. I, 472 с.
- Великоцкий М.А., Мудров Ю.В. К истории развития многолетнемерзлых пород на севере Западной Сибири // В сб.: Развитие криолитозоны Евразии в верхнем кайнозое. М., Наука, 1985. С. 29–42.
- Григорьев Н.Ф. Криолитозона прибрежной части Западного Ямала / Н.Ф. Григорьев. Якутск, Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1987. 112 с.
- Каплянская Ф.А. Ледяные залежи подземных льдов в ледниковых отложениях на западном побережье п-ова Ямал у пос. Харасавэй. – В кн.: Ледяные залежи криолитозоны, СО АН СССР, Якутск, 1982. С. 71–80.
- Попов Б.А., Совершаев В.А., Новиков В.Н., Бирюков В.Ю., Камалов А.М., Федорова Е.В. Береговая зона морей Печорско-Карского региона // Исследование устойчивости геосистем Севера. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. С. 176–190.
- Природные условия Байдарацкой губы: Основные результаты исследований для строительства подводного перехода системы магистральных газопроводов Ямал-Центр / Под ред. Г.И.Дубикова, и др. М.: ГЕОС. 1997. 432 с.
- Совершаев В.А., Камалов А.М. Устойчивость морских берегов в криолитозоне // Геоэкология Севера (введение в геокриологию). Под ред. В.И. Соломатина, М., МГУ, 1992, с. 95-102.
- Юрьев И.В. Проблемы эксплуатации объектов газового комплекса в береговой зоне Западного Ямала // Криосфера Земли, 2009, т. XIII, №1. С. 46–54.
- Ogorodov S., Baranskaya A., Belova N. et al. Coastal dynamics of the Pechora and Kara Seas under changing climatic conditions and human disturbances // Geography, Environment, Sustainability. 2016. Vol. 9, no. 3. P. 53–73.