

## ДИНАМИКА МОРСКИХ БЕРЕГОВ ЗАПАДНОГО ЯМАЛА

**А.А. Васильев, Р.С. Широков, Г.Е. Облогов, И.Д. Стрелецкая\***

*Институт криосферы Земли СО РАН, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, 86, Россия, [al.a.vasiliev@gmail.com](mailto:al.a.vasiliev@gmail.com)*

*\*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический ф-т,  
119992, Москва, Ленинские горы, 1, Россия*

Приведены результаты многолетнего мониторинга динамики морских берегов Западного Ямала: средняя многолетняя скорость отступления берега в районе Марре-Сале составляет около 1,7 м/год, максимальная – 3,3 м/год, а минимальная – 0,5 м/год. Отмечена многолетняя цикличность в изменении скорости отступления берегов во времени. Установлено, что величина деформаций пляжа и подводного берегового склона на участках развития термоэрозионных берегов достигает 0,7 м и может иметь разный знак. Получены первые количественные оценки максимальных деформаций морских аккумулятивных поверхностей, которые достигают 0,3 м.

---

### ВВЕДЕНИЕ

Динамика морских берегов западного сектора Российской Арктики изучена недостаточно. Применительно к берегам Западного Ямала эта проблема особенно актуальна в связи с начавшимся освоением Крузенштерновского и Харасавейского газоконденсатных месторождений и предполагаемым строительством объектов по подготовке и транспортировке сжиженного газа. Наблюдения

за разрушением берегов Западного Ямала проводились в разное время в районе мысов Бурунный, Харасавей, Марре-Сале и на участке строящегося перехода газопровода через Байдарацкую губу [Воскресенский, Совершаев, 1998; Васильев и др., 2001]. Следует отметить, что выполненные исследования в основном сводились к измерению скоростей отступления бровки береговых клифов.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ

Начиная с 1978 г. Институт криосферы Земли СО РАН проводит комплексные исследования динамики морских берегов в районе метеостанции Марре-Сале. Берега сложены верхнеплейстоценовыми отложениями II и III морских террас высотой 15–30 м. В основании разреза залегают засоленные морские глины, верхняя часть сложена песками. В геокриологическом отношении территория относится к зоне сплошного распространения мерзлоты. Среднегодовая температура многолетнемерзлых пород составляет от  $-2,5$  до  $-6,0$  °С.

Наблюдения включают: сбор метеорологических данных и морской гидрологической информации, изучение динамики геокриологических условий, ежегодные измерения величины отступления берега по закрепленным на местности реперам и методом периодической лазерной теодолитной съемки кромки и основания берегового уступа, ежегодное нивелирование поверхности пляжа и примыкающего подводного склона по закрепленному на местности ортогональному к берегу профилю.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Начавшееся в 1970-х гг. потепление климата в Арктике сопровождается изменениями гидродинамики моря. По данным метеостанции Марре-Сале, дата разрушения ледового покрова мало меняется со временем, исключая естественные вариации, тогда как дата образования ледового покрова смещается к более поздним срокам. Соответственно увеличивается продолжительность безледного, динамически активного периода. Следует отметить, что увеличение продолжительности безледного периода приходится на осень – время осенних штормов, когда происходит наиболее сильное разрушение берегов. Длительность безледного периода с 1970 по 2010 г. возросла в среднем на 20 дней.

Наблюдения за параметрами морских волн (высота, период, длина и продолжительность волнения) не выявили закономерного усиления волнения на море в условиях потепления климата. Следовательно, можно ожидать, что и скорость разрушения морского берега не будет устойчиво возрастать, даже в условиях потепления климата и увеличения продолжительности динамически активного периода. Результаты измерений среднегодовой скорости отступления участка берега протяженностью около 4,5 км приведены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, скорость разрушения морского берега в районе Марре-Сале не возрастает устойчиво, начиная с конца 1970-х гг., а изменяется с некоторой цикличностью. При средней за период наблюдения скорости разрушения

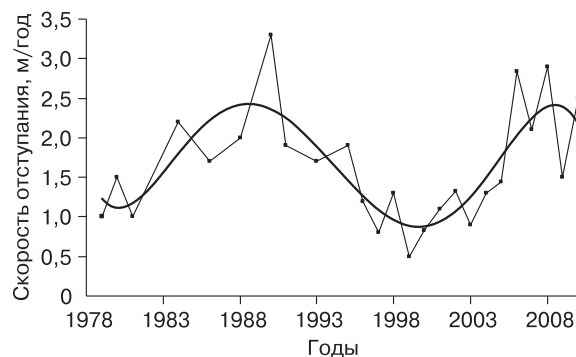


Рис. 1. Изменение скорости отступления берегов в районе Марре-Сале.

Жирная линия – аппроксимация.

1,7 м/год максимальная скорость отмечалась в 1998–1999 и 2006–2010 гг., минимальная – в 1978–1979 и 1999–2000 гг. Не наблюдается прямой связи климатических параметров и скорости разрушения берега [Васильев и др., 2006]. Влияние климата на разрушение морских берегов сказывается опосредованно, через изменение синоптической обстановки в регионе, полей атмосферного давления и ветров и соответствующих параметров ветрового волнения на море. Тесная связь скорости разрушения морских берегов Карского моря с суммарной энергией ветровых волн была выявлена ранее [Васильев и др., 2006] и подтверждена последними наблюдениями.

Обобщенные результаты наблюдений за отступанием берегов Западного Ямала, полученные разными авторами, приведены в таблице.

Исследований деформаций (переработки) пляжей и подводного берегового склона проведено исключительно мало. Начиная с 2006 г. в районе Марре-Сале осуществляются ежегодные наблюдения за деформациями пляжа и примыкающей части подводного берегового склона до глубины 1,5 м методом ежегодных нивелировок в начале сентября каждого года с привязкой высот (глубин) к высотному закрепленному реперу. Результаты измерений приведены на рис. 2. За “нуль” расстояния принято положение береговой линии на момент измерения в 2006 г. Максимальные вертикальные деформации пляжа составили около 0,5 м и наблюдались в 2006–2007 гг. Подводный береговой склон на участке примыкания характеризуется максимальной амплитудой многолетних вертикальных деформаций в 0,6 м. Следует особо отметить, что деформации подводного берегового склона, по крайней мере в зоне примыкания, могут иметь разный знак. В 2006–2009 гг. береговой склон размывался и поверхность морского дна понижалась, а в 2009–2010 гг. после сильных и продолжительных штормов наблюдалось повышение поверхности дна.

Средняя многолетняя скорость разрушения берегов Западного Ямала

Район	Высота обрыва, м	Литология	Скорость разрушения берегов, м/год			Источник сведений
			макс.	мин.	сред.	
От м. Скуратова до м. Бурунного	8	Глины с прослоями песков	–	–	0,8	[Воскресенский, Совершаев, 1998]
м. Бурунный м. Харасавай	14	Глины	2,5	0,6	1,2	[Васильев и др., 2006]
	10–25	Глины с прослоями песков, пески	4,5	0,4	–	[Геоэкология..., 1992]
			–	–	2,0	[Камалов и др., 2002]
			3,0	0,5	1,4	[Васильев и др., 2006]
м. Белужий м. Марре-Сале	до 40	Пески	2,3	0,51	1,3	[Юрьев, 2009]
			1,0	0,5	–	[Воскресенский, Совершаев, 1998]
	10–30	Пески, подстилаемые суглинками	–	–	1,8	[Троицкий, Кулаков, 1976]
			1,8	1,0	1,6	[Шур и др., 1984]
Юго-западное побережье Байдарацкой губы	10–25	То же	3,3	0,5	1,7	[Васильев и др., 2001]
			0,9	0,05	0,4–0,5	[Природные условия..., 1997]
	6–10	Пески, торф	0,7	0,3	–	

Оценка максимальных кратковременных послештормовых деформаций пляжа в районе Марре-Сале выполнена на основе изучения геологического строения отложений, слагающих пляж. В средней части пляжа бурением под толщей песка мощностью до 0,6 м вскрыт маркирующий горизонт гальки мощностью 0,05–0,1 м, залегающий на наклонной поверхности плотных тяжелых глин со следами размыва. Его формирование происходит во время максимального штормового размыва пляжа и отложения галечного слоя. Таким образом, амплитуда вертикальных кратковременных деформаций при штормовом размыве оценивается как сумма мощностей песчаного и галечного слоя в 0,7 м. Это примерно соответствует данным по амплитуде кратковременных вертикальных деформаций пляжа в 0,5–0,7 м, полученных в результате исследований в полосе перехода газопровода через Байдарацкую губу.

Максимальные кратковременные деформации морского дна на подводных вдольбереговых

валах составили около 2 м [Природные условия..., 1997]. Эти характеристики можно считать ориентировочными для всего района Западного Ямала.

Деформации поверхности низких аккумулятивных образований наблюдались в районе Марресальских Кошек. Здесь после сильных и продолжительных штормов в 2010 г. штормовой наброс песчаного материала составил около 0,3 м. Песчаные отложения полностью перекрыли имевшиеся формы рельефа и образовали на месте лайдды обширное песчаное поле. Таким образом, скорость морской аккумуляции может достигать 0,3 м/год. Вероятно, это единственная количественная оценка деформаций морских аккумулятивных поверхностей.

**ВЫВОДЫ**

- Установлены средние многолетние скорости отступления морских берегов. Максимальная скорость отступления наблюдается в районе Марре-Сале и составляет 1,7 м/год, минимальная отмечается в районе перехода газопровода через Байдарацкую губу и составляет около 0,5 м/год.

- Максимальные деформации пляжей достигают 0,7 м. Деформации подводного берегового склона могут иметь разный знак и составляют 0,6 м, а на вдольбереговых валах могут достигать 2,0 м.

- Максимальная деформация морских аккумулятивных поверхностей достигает 0,3 м.

Работа выполнена в рамках программы Президиума РАН № 20 “Мировой океан”, проект “Криолитозона Арктических морей и континентального обрамления западного сектора Евразии: оценка современного состояния, закономерности динамики, геокриологическая история, трансформация мерзлых и охлажденных пород, эманиции углеводородов”.

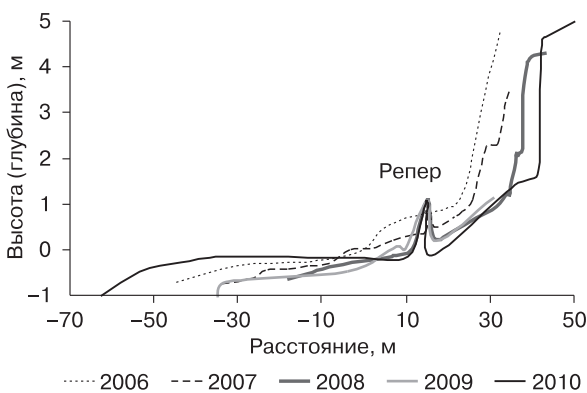


Рис. 2. Деформации поверхности пляжа в районе Марре-Сале.

### Литература

- Васильев А.А., Покровский С.И., Шур Ю.Л.** Динамика термоабразионных берегов Западного Ямала // Криосфера Земли, 2001, т. V, № 1, с. 44–52.
- 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.
- Воскресенский К.С., Совершаев В.А.** Роль экзогенных процессов в динамике Арктических побережий // Динамика Арктических побережий России. М., Изд-во Моск. ун-та, 1998, с. 35–48.
- Геоэкология Севера** (введение в геокриоэкологию) / Под ред. В.И. Соломатина. М., Изд-во Моск. ун-та, 1992, 270 с.
- Камалов А.М., Огородов С.А., Архипов В.В.** Динамика берегов Западного Ямала // Материалы Междунар. конф. “Экстремальные криосферные явления: фундаментальные и прикладные аспекты”. Пушино, 2002, с. 63–64.
- Природные условия Байдарацкой губы.** Основные результаты исследований для строительства подводного перехода / Под ред. Г.И. Дубикова. М., ГЕОС, 1997, 432 с.
- Троицкий С.Л., Кулаков А.П.** Колебания уровня океана и рельеф побережий // Проблемы экзогенного рельефообразования. М., Наука, 1976, кн. 1, с. 351–426.
- Шур Ю.Л., Васильев А.А., Вейсман Л.И. и др.** Методы изучения скорости термоабразии // Береговые процессы в криолитозоне. Новосибирск, Наука, 1984, с. 5–12.
- Юрьев И.В.** Проблемы эксплуатации объектов газового комплекса в береговой зоне Западного Ямала // Криосфера Земли, 2009, т. XIII, № 1, с. 46–54.

*Поступила в редакцию  
11 февраля 2011 г.*