

Сравнение динамики берегов ключевых участков с отступанием термоабразионных берегов других арктических морей вдоль трассы Северного Морского Пути

Результаты сравнения динамики берегов ключевых участков с литературными данными об изменении берегов вдоль трассы Северного Морского Пути представлены в таблице 13. В целом, скорости размыва берегов Карского моря, сложенных многолетнемерзлыми породами, сопоставимы с темпами отступления берегов Печорского моря (до 3-4 м/год с отдельными максимумами до 6-8 м/год). Среднегодовые скорости отступления берегов моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря выше, так как уступы сложены чрезвычайно льдистыми породами ледового комплекса, где сингенетических жильный лед по объему зачастую превышает минеральную массу. Благодаря такому криолитологическому строению берега этих морей отступают со средними скоростями до 4-6 м/год с максимумами до 15 м/год

Таблица 13. Сравнение динамики берегов ключевых участков побережий Печорского, Карского моря, моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря

	<i>Участок</i>	<i>Литологическая характеристика</i>	<i>Геоморфологическая характеристика</i>	<i>Мерзлотная характеристика</i>	<i>Динамика берегов</i>
1	О. Колгуев	Пески, супеси, валунные суглинки и глины ледникового и ледово-морского происхождения на севере и западе; поздне- и послеледниковые песчаные отложения на юге и востоке	Западный, северный и северо-восточный берега имеют высокие крутые обрывы от 8 до 53 м высотой; южная и восточная части острова представляют собой заболоченную низменность	Криолитозона в пределах острова имеет преимущественно сплошное распространение, мощность многолетнемерзлых пород 50-150 м, а в центральной части острова до 200м	Отступление берегов за счет волн на западе и севере острова, а так же термоабразии и термоденудации до 4 м/год. Образование аккумулятивных форм на юге и юго-востоке. В 1948-2009 преобладает термоденудация, 2009-2012 – доминирует термоабразия (Perednya et al., 2003; Kizyakov, 2013; Ogorodov, 2011)
2	Варандей	Засоленные голоценовые пески, среднеледниковые валунные суглинки и глины	Косы и бары высотой до 3-5 м с дюнами до 10 м на фронтальной части и лайдами (0-3 м) с тыловой стороны	Область прерывистого распространения ММП, наличие криопэгов. Мерзлые породы чередуются с охлажденными	Абразионное отступление берегового уступа до 3.5 м/год. В отдельный год до 20м. Образование аккумулятивных форм на дистальных окончаниях баров и кос. Ведущий фактор ветро-волновой (Sinitsyn et.al., 2013)
3	Урочище Шпиндлер	Слоистые пески, суглинки	Террасовидная поверхность с береговыми уступами высотой до 25м	Сплошное распространение ММП с мощными залежами пластового льда, наличие термоцирков	Парагенез термоденудации и термоабразии. Отступление берегов 0.6-1.2 м/год 1947-2001; в зонах термоцирков 1,6- 4 м/год с максимумом 5,8-6,3 м/год. (Кизяков, 2005; Кизяков и др., 2006)
4	Уральский берег Байдарацкой губы	Позднеплейстоценовые и голоценовые пылеватые пески, супеси, суглинки, торф, валунно-галечные включения. Породы засоленные	Высокая (до 20м) и низкая (4-6м) террасы, лайда (1.5-2.5м) и пляж	Сплошное распространение ММП с мощными залежами пластового льда, наличие небольших термоцирков по пластовым льдам. ПЖЛ, криопэги. Мерзлые породы чередуются с охлажденными	Термоабразионное и термоденудационное отступление берегового уступа со средней скоростью за все время 1.2 м/год, за последнее десятилетие 2,6 м/год. С 2005-2012 максимальное 7 м/год Ведущий фактор совместное ветро-волновое и температурное воздействие
5	Ямальский берег Байдарацкой губы	Засоленные голоценовые пески, супеси, среднеледниковые пески, суглинки	Береговой бар (2м), на севере низкая терраса (8-12м), на юге высокая терраса (20-22м)	Сплошное распространение ММП. ПЖЛ, криопэги. Мерзлые породы чередуются с охлажденными	0.3м/год в 1968-2016, а за период 2009-2012 от 1,3-5м/год до 2,3-7,9 м/год. Ведущий фактор ветро-волновая энергия

6	Марре-Сале	Позднеплейстоценовые морские пески и глины, голоценовые торфяники	Вторая и третья морская терраса, абсолютные отметки местности 10-30 м	Сплошное распространение ММП. ПЖЛ, пластовые льды двух генераций	Средняя скорость отступления берега 1,7 м/год, с максимумом 2,4 и минимумом 1,1 м/год (Vasiliev et al., 2006)
7	Харасавэй	Позднеплейстоценовые и голоценовые пылеватые пески, супеси, суглинки, торф	Равнинная поверхность высотой 10-12 м	Сплошное распространение ММП с мощными залежами пластового льда, наличие небольших термоцирков по пластовым льдам, ПЖЛ Мерзлые породы чередуются с охлажденными	Средняя скорость 1964-2006 1,4 м/год. Если период 1964-2016 то 1,1 м/год. Максимальное отступление 1977-1988 до 6,5 м/год
8	Сопочная Карга	Позднеплейстоценовые ледовые комплексы и озерно-карстовые отложения. Пески, супеси, суглинки с валунно-галечниковым материалом, глины в основании береговых обрывов.	Едома, термоабразионные берега высотой 10- 40 м изрезаны оврагами, заложенными по вытаивающим ПЖЛ. На бровках береговых обрывов и пологих склонах к заливу можно наблюдать заросшие байджежахи высотой 1- 3 м	Сплошное распространение ММП. Пластовые льды в морских и прибрежно-морских отложениях; сингенетические ПЖЛ – в континентальных. Наличие древних термоцирков, термокарст	Динамические типы морских берегов: абразионный, термоабразионный, аккумулятивный. Скорость отступления берегов может достигать на отдельных участках 3- 7 м в год. (Streletskaa et al., 2009)
9	мыс Мус-Хая	Позднеплейстоценовые ледовые комплексы и озерно-карстовые отложения. Пылеватые супеси с прослоями суглинков и пылеватых песков	Едома, береговые уступы 15-20 м на участках распространения ледового комплекса либо пологий берег 1-5 м	Сплошное распространение ММП. Ледовый комплекс с ПЖЛ (с шириной жил до 10 м). Льдистость пород 35-50% Термокарст.	Термоабразионные и термоденудационные берега, редко абразионно – денудационные. Скорости отступления 1-5 м/год (Gavrilov, Pizhankova, 2018)
10	Остров Муостах	Позднеплейстоценовые ледовые комплексы и озерно-карстовые отложения. Высокольдистые пески, песчаные алевриты, песчано-гравийная толща	Едома, береговые уступы 15-20 м на участках распространения ледового комплекса либо пологий берег 1-5 м	Сплошное распространение ММП. Ледовый комплекс с ПЖЛ (с шириной жил до 4 м)	Термоабразионные и термоденудационные берега. Скорости отступления 2-6 м/год, на северной оконечности острова - >15м/год (Günther et al., 2015)
11	Губа Буор-Хая	Позднеплейстоценовые ледовые комплексы и озерно-карстовые отложения. Мерзлые супеси, суглинки, пески, щебень, литифицированные породы	Едома, заболоченные низины, термокарстовые озера, береговые уступы до 20-30 м, зачастую с узкими пляжами	Сплошное распространение ММП. Ледовый и термокарстовый комплексы с ПЖЛ, термокарст	Термоабразионные и термоденудационные берега с клифами, на юге западного берега полуострова вдоль берега и на мысе Буор-Хая аккумулятивные косы и мели. Скорости отступления берегов 0.2 - 2 м/год (Gavrilov, Pizhankova, 2018)
12	Западное побережье п-	Позднеплейстоценовые ледовые комплексы и озерно-	Едома, заболоченные низины, термокарстовые озера, береговые	Сплошное распространение ММП. Ледовый и	Динамические типы морских берегов: абразионный,

	ова Широкостан	карстовые отложения. Высокольдистые пески, песчаные алевриты, песчано- гравийная толща	уступы до 26 м на юго-западе, песчаные аккумулятивные пляжи на всей протяженности берега	термокарстовый комплексы с ПЖЛ, термокарст	термоабразионный, аккумулятивный. Скорость отступления берегов 3 – 6 м/год (Григорьев и др., 2006)
13	О. Большой Ляховский	Позднеплейстоценовый ЛК, Голоценовый АК, торфянки	Низменная волнисто-увалистая равнина. Останцы скальных дочетвертичных пород высотой до 220–300 м на севере и юге	Сплошное распространение ММП мощностью более 300 м. Аласы, термокарст	Термоденудационное (до 3-7 м/год) и термоабразионное (до 9-11 м/год) отступление берегов. Аккумулятивные процессы на севере, северо-востоке и восточнее п-ова Кигилях (Pizhankova, 2016)
14	Ойгосский Яр	Позднеплейстоценовый ЛК, Голоценовый АК, торфянки	Равнина с абсолютными отметками 10–40 м. В районе м.Святой нос гранитные меловые купола	Сплошное распространение ММП мощностью более 400 м. Аласы, термоцирки	Термоденудационное (4.3м/год) и термоабразионное (5.3 м/год) отступление берегов (Pizhankova, 2016)
15	Мыс Чукочий	Позднеплейстоценовый ЛК, Голоценовый АК, торфянки	Низменная равнина с большим количеством термокарстовых озер	Сплошное распространение ММП мощностью более 300 м. Аласы, термокарст	Скорость разрушения аласных берегов 3.1 – 5.6 м/год, берегов, сложенных ЛК – 1.6-3.3 м/год (Григорьев и др., 2006)

Литература

Григорьев М.Н., Разумов С.О., Куницкий В.В., Спектор В.Б. Динамика берегов восточных арктических морей России: основные факторы, закономерности и тенденции // Криосфера Земли, 2006, т. X, № 4, с. 74–94.

Кизяков А.И. Динамика термоденудационных процессов на побережье Югорского полуострова // Криосфера Земли, 2005, т. IX, № 1, с. 63–67

Кизяков, А. И., Лейбман, М. О., and Передня, Д. Д. Деструктивные рельефообразующие процессы побережий арктических равнин с пластовыми подземными льдами. Криосфера Земли 10, 2 (2006), 79–89.

Совершаев В.А., Камалов А.М. Устойчивость морских берегов в криолитозоне // Геоэкология Севера (введение в геоэкологию). Под ред. В.И. Соломатина, М., МГУ, 1992, с. 95-102.

Gavrilov A.V., Pizhankova E. I. (2018) Dynamics of permafrost in the coastal zone of eastern-asian sector of the Arctic. Geography, Environment, Sustainability, Vol.11, No 1, pp. 20-37

Günther F., Overduin P. P., Yakshina I. A., Opel T., Baranskaya A. V., Grigoriev M. N. (2015) Observing Muostakh disappear: permafrost thaw subsidence and erosion of a ground-ice-rich island in response to arctic summer warming and sea ice reduction, The Cryosphere, vol.9, pp.151–178

Kizyakov A.I., Zimin M.V., Leibman M.O., Pravikova N.V. (2013). Monitoring of the rate of thermal denudation and thermal abrasion on the western coast of Kolguev Island, using high resolution satellite images, Earth's Cryosphere, vol. 17, № 4, pp. 36-47

Kritsuk L.N.; Dubrovin V.A.; Yastreba N.V. Results of complex study of the Kara Sea shore dynamics in the area of the meteorological station Marre-Sale, using GIS-technologies. Earth-s Cryosphere, 2014, 18 (4), p. 59-69.

Ogorodov S.A. (2011). Barents Sea Coasts, Geography, Environment, Sustainability, vol. 3, № 04, P. 34-51

Perednya D.D., Leibman M.O., Kizyakov A.I. , Vanshtein B.G. and Cherkashov G.A. Coastal dynamics at the western part of Kolguev Island, Barents Sea // Arctic Coastal Dynamics: Rep. of the 3rd Intern. Workshop (Oslo, Norway, 2–5 Dec. 2002). Bremerhaven, Germany, 2003, vol. 443, P. 92–94.

Pizhankova E.I. (2016). Modern climate change at high latitudes and its influence on the coastal dynamics of the Dmitry Laptev Strait area. Earth`s Cryosphere, vol. XX, No. 1, pp. 46–59

Sinitsyn, A.; Guegan, E.; Kokin, O.; Vergun, A.; Udalov, L., and ´ Ogorodov, S., 2013. Investigations of coastal erosion processes in Varandey area, Barents Sea, Proceedings of SPE Conference, Arctic and Extreme Environment, pp. 2083-2099

Streletskaya I.D., Vasiliev A.A., Vanstein,B.G. (2009) Erosion of sediment and organic carbon from the Kara Sea coast, Arctic, Antarctic, and Alpine Research, vol. 41, issue 1, pp. 79–87

Vasiliev, A.A., Streletskaya, I.D., Cherkashev, G.A., Vanshtein, B.G. (2006). The Kara Sea coastal dynamics. Earth's Cryosphere, vol. 10, № 2, pp 56–67. (In Russian with English summary)