

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-196-200



ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АБРАЗИОННЫХ И ТЕРМОАБРАЗИОННЫХ БЕРЕГОВ ВОСТОЧНОЙ ЧУКОТКИ В 2023 ГОДУ

✉ Маслаков А.А.¹, Стекольников И.О.¹, Зеленский Г.М.²

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Некоммерческое партнёрство «Чукотская группа поддержки научных исследований», Лаврентия, Россия

✉ alexey.maslakov@geogr.msu.ru

Участки термоабразионных и абразионных берегов на побережье приморских равнин Восточной Чукотки изучаются коллективом авторов с 2012 г. С тех пор был накоплен значительный массив полевых данных на ключевые сегменты берега. В полевом сезоне 2023 года была проведена аэрофотосъёмка нескольких участков берега, сопровождаемая обустройством геодезической сети с привязкой высот. Полученные полевые материалы позволили построить высокоточную цифровую модель местности для главного ключевого участка в с. Лорино, представленного останцом морской террасы, сложенной разнозернистыми песками, супесями и торфом. Полученные материалы позволят изучить динамику отступления ключевого участка не только в плане, но и оценить объёмные скорости размыва дисперсных отложений. В результате полевых исследований также была проведена аэрофотосъёмка береговых термоцирков с целью определения динамики их развития.

Ключевые слова: Чукотка, многолетнемёрзлые породы, термоабразия, термоцирк, отступление берега.

Введение. Динамика морских берегов в Арктике является предметом исследований широкого круга специалистов. Наибольшая скорость отступления морских берегов отмечается на участках берегов, сложенных дисперсными мёрзлыми породами с высоким содержанием льда, что характерно для восточного сектора Российской Арктики [Ogorodov et al., 2020]. Высокая литодинамическая активность на побережье влияет не только на экологические условия обитания прибрежной флоры и фауны, но и несёт угрозу устойчивости инженерных сооружений [Ogorodov et al., 2023]. Особая актуальность в изучении динамики арктических берегов состоит в том, что скорость климатических изменений в Арктике выше, чем в среднем по Земному шару в 2-3 раза, что отражается в росте скоростей отступления морских берегов [Ogorodov и др., 2022]. Целью данного исследования является определение полевыми методами текущей морфолитодинамики отступающих берегов Восточной Чукотки в связи с климатическими изменениями. Результаты полевых исследований лягут в основу рекомендаций по адаптации инженерных объектов региона к прогнозируемым климатическим изменениям.

Район исследований. Территория Восточной Чукотки глубоко выдаётся в море и омывается Чукотским морем с севера и Беринговым морем с востока и юга. Рельеф представлен сглаженным низкогорьем Мезозойской складчатости, обрамлённым узкой полосой приморских равнин ледникового, морского и водно-ледникового генезиса [Гасанов, 1969; Иванов, 1986]. Многолетняя мерзлота имеет сплошное распространение, её температура варьирует от -1..-2°C в прибрежных районах до -5..-6°C в горных областях [Афанасенко и др., 1989].

В полевом сезоне 2023 года были проведены полевые аэрофотонаблюдения за тремя объектами, расположенными в восточной части Чукотского полуострова, на побережье залива Лаврентия и Мечигменского залива (рис. 1): 1) участок термоабразионного берега в пос. Лорино (рис. 2); 2) береговой термоцирк в 3 км к северу от с. Лаврентия (рис. 3); 3) участок абразионного берега вблизи 21-км трассы «Лаврентия-Лорино» (рис. 3).

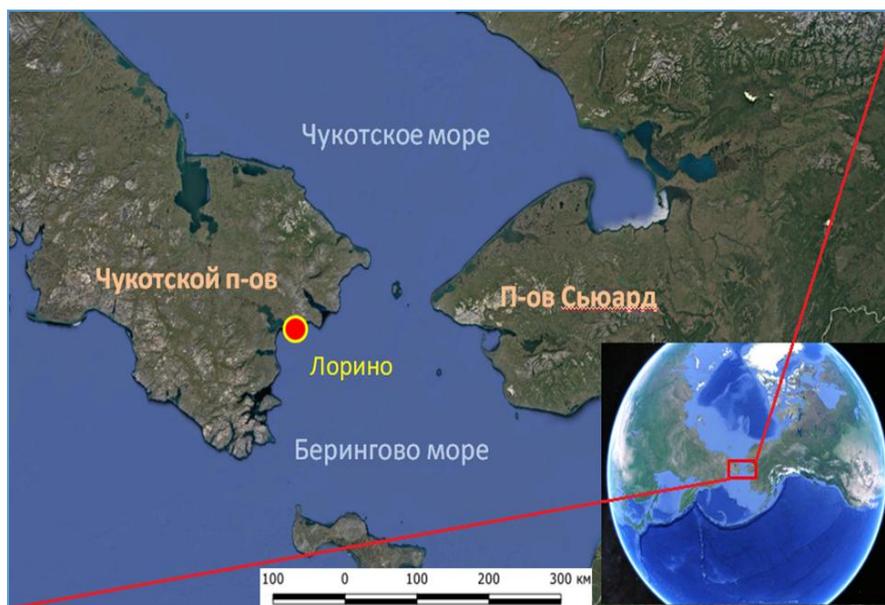


Рис. 1. Район исследований.



Рис. 2. Вид на с. Лорино с западной стороны с высоты 50 м (фото Маслакова А.А., 2019 г.).



Рис. 3. Слева: термоцирк в 3 км к северу от с. Лаврентия (село на заднем плане). Справа: заполненные снегом береговые термоцирки вблизи 21-км а/д «Лаврентия-Лорино».

Материалы и методы. Аэрофотосъёмка изучаемых объектов проводилась с помощью БПЛА DJI Mini 3 Pro. Съёмка проводилась в ручном режиме при хорошем освещении, в надир с высоты 50 м с продольным перекрытием снимков не менее 70% и боковым не менее 50%, благодаря чему удалось получить разрешение снимков 3 см/пикс. Результаты съёмки использовались для дальнейшего построения цифровой модели местности (ЦММ) и ортофотоплана изучаемых участков.

Использование дифференциальной GPS-съёмки было невозможно в виду отсутствия базовых станций в регионе, поэтому высотная привязка полученной ЦММ для участка в с. Лорино проводилась к результатам тахеометрической съёмки, проводившейся тахеометром Sokkia Set 610. Привязка геодезических измерений проводилась к объекту с известными пространственными координатами (углы зданий, обозначенных на топографических планах поселения 1979 и 1991 гг.). Всего для участка берега в с. Лорино были заложены 10 опознавательных знаков в различных участках берега (7 на поверхности морской террасы вблизи бровки берегового уступа и 3 на пляже). Для двух других участков высотная привязка к результатам геодезических измерений не проводилась в виду отсутствия реперных точек.

Результаты. В результате проведённых измерений был добавлен ещё 1 сезон в ряду мониторинговых наблюдений за динамикой берегового обрыва в с. Лорино. Результаты исследований (рис. 4) показывают, что за последние 2 года наиболее интенсивно разрушался западный участок берега (средняя скорость 2,3 м/год), в то время как на восточном (средняя скорость 0,2 м/год) зафиксировано частичное продвижение бровки берега в сторону моря, что объясняется её оползанием (преобладание термоденудации и склоновых процессов над термоабразией).

С учётом архивных топографических планов застройки села, а также спутникового снимка Copernicus, для берегового участка в с. Лорино, скорость и характер отступления определены за период 59 лет (1964-2023). Это позволяет не только проследить за долгосрочной динамикой берегового уступа, но и выявить её взаимосвязь с другими характеристиками, в первую очередь, с ветро-волновым воздействием на берег в летний период, определяющим интенсивность размыва береговых отложений в Арктике [Богатова и др., 2021].



Рис. 4. Скорость отступления бровки берегового уступа в с. Лорино за 2021-2023 г., рассчитанная по результатам аэрофотосъёмки 2023 г.

Для термоцирка в 3 км к северу от с. Лаврентия был построен ортофотоплан с разрешением 3 см/пиксель, определены морфометрические параметры. В 2023 году его ширина составила около 70 м, а глубина вреза (относительно береговой линии) 50 м. Высота передней стенки достигает 3 метров, причём сверху отложения представлены валунным суглинком (сезонно-талый слой), а ниже 1,3 м встречаются сильнольдистые суглинистые мёрзлые отложения, перемежающиеся с залежами пластовых льдов. С 2019 г., когда термоцирк был впервые обнаружен, его площадь кратно возросла, а скорость

отступления бровки обрыва не только не сократилась, но и выросла. Это связано с высоким содержанием льда в разрушаемых отложениях, который при оттаивании создаёт дефицит наносов, а также разжижают отложения сезонноталого слоя, способствуя их удалению.

Обследование участка отступающего берега вблизи 21-км а/д «Лаврентия-Лорино» выявило, что в виду снежной зимы и холодной весны на Чукотке, все отрицательные формы рельефа (цирки, термоцирки, тыловой шов берегового уступа, овраги) в береговой зоне на период обследования (начало августа) всё ещё находились под снегом. Из материалов аэрофотосъёмки (см. Рис. 3) видна рельефообразующая роль снега: с одной стороны, он защищает береговой обрыв от разрушения морем и препятствует оттаиванию многолетней мерзлоты в термоцирках, с другой – налицо процесс нивации: талая вода выносит мелкозём на склона на пляж.

Полученные материалы будут сопоставлены с результатами исследований прошлых лет для количественной оценки влияния современных климатических изменений на динамику морских берегов и выполнения соответствующего прогноза эволюции береговой зоны до конца XXI века.

Заключение. Выполняемые исследования береговой зоны Восточной Чукотки носят как фундаментальный характер (изучение взаимодействия замерзающего моря и суши в условиях криолитозоны), так и имеют практическое применение. Результаты исследований лягут в основу рекомендаций по мероприятиям, направленным на сохранение инженерных объектов села Лорино, а также будут экстраполированы для остальных поселений Восточной Чукотки, которые приурочены преимущественно к морским побережьям и расположены в пределах распространения дисперсных мёрзлых пород.

Работа была выполнена в рамках проекта РНФ №22-77-10031 «Берега морей Российской Арктики: прошлое, настоящее, будущее».

ЛИТЕРАТУРА

Афанасенко В.Е., Замолотчикова С.А., Тишин М.И., Зуев И.А. Северо-Чукотский регион // Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. Под ред. Э.Д. Ершова. М.: «Недра», 1989. С. 280-293.

Богатова Д.М., Огородов С.А., Шабанова Н.Н. Вклад термического и волноэнергетического факторов в динамику термоабразионных берегов Карского моря // Естественные и технические науки. 2021. том 9, № 160. С. 74-81. doi: 10.25633/ETN.2021.09.06

Гасанов Ш.Ш. Строение и история формирования мёрзлых пород Восточной Чукотки. М.: «Наука», 1969. 169 с.

Иванов В.Ф. Четвертичные отложения побережья Восточной Чукотки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 140 с.

Огородов С.А., Шабанова Н.Н., Кессель А.С., Баранская А.В., Разумов С.О. Изменение гидрометеорологического потенциала термоабразии берегов морей Российской Арктики // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2022. № 1. С. 26-42.

Ogorodov S., Aleksyutina D., Baranskaya A., Shabanova N., Shilova O. Coastal erosion of the Russian Arctic: An overview // Journal of Coastal Research. 2020. Vol. 95(SI). P. 599-604. doi: 10.2112/SI95-117.1

Ogorodov S., Badina S., Bogatova D. Sea Coast of the Western Part of the Russian Arctic under Climate Change: Dynamics, Technogenic Influence and Potential Economic Damage // Climate. 2023. Vol. 11. Is. 7. 143. doi: 10.3390/cli11070143

FIELD INVESTIGATIONS OF EASTERN CHUKOTKA EROSIONAL COASTS IN 2023

Maslakov A.A.¹, Stekolshchikov I.O.¹, Zelensky G.M.²

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² Non-commercial partnership "Chukotka Science Support Group", Lavrentiya, Russia

Erosional coastal sections of the coastal plains of Eastern Chukotka have been studied by the authors since 2012. Since then, a significant amount of field data has been accumulated on key segments of the coast. In the 2023 field season, aerial photography of several sections of the coast was carried out, accompanied by the arrangement of a geodetic network with height reference. The obtained field materials made it possible to construct a high-precision digital terrain model for the main key site in the village of Lorino, represented by the remnant of a marine terrace composed of heterogeneous sands, sandy loams and peat. The obtained materials will make it possible to study the dynamics of the retreat of the key area not only in plan, but also to estimate the volumetric rates of erosion of non-lithified sediments. As a result of field research, aerial photography of coastal thermal cirques was also carried out in order to determine the dynamics of their development.

Keywords: *Chukotka, permafrost, coastal erosion, thermicirque, retreat coasts*

REFERENCES

Afanasenko V.E., Zamolotchikova S.A., Tishin M.I., Zuev I.A. North Chukotka region // Geocryology of the USSR. Eastern Siberia and the Far East. Ed. E.D. Ershova. M.: "Nedra", 1989. pp. 280-293.

Bogatova D.M., Ogorodov S.A., Shabanova N.N. The contribution of thermal and wave-energy factors to the dynamics of thermal abrasion shores of the Kara Sea // Natural and technical sciences. 2021. volume 9, no. 160. pp. 74-81. doi: 10.25633/ETN.2021.09.06

Gasarov Sh.Sh. The structure and history of the formation of frozen rocks in Eastern Chukotka. M.: "Nauka", 1969. 169 p.

Ivanov V.F. Quaternary sediments of the coast of Eastern Chukotka. Vladivostok: Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1986. 140 p.

Ogorodov S.A., Shabanova N.N., Kessel A.S., Baranskaya A.V., Razumov S.O. Changes in the hydrometeorological potential of thermal abrasion of the coasts of the seas of the Russian Arctic // Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography. 2022. No. 1. P. 26-42.

Ogorodov S., Aleksyutina D., Baranskaya A., Shabanova N., Shilova O. Coastal erosion of the Russian Arctic: An overview // Journal of Coastal Research. 2020. Vol. 95(SI). P. 599-604. doi: 10.2112/SI95-117.1

Ogorodov S., Badina S., Bogatova D. Sea Coast of the Western Part of the Russian Arctic under Climate Change: Dynamics, Technogenic Influence and Potential Economic Damage // Climate. 2023. Vol. 11. Is. 7. 143. doi: 10.3390/cli11070143