

Кизяков А.И.¹, Günther F.², Зимин М.В.¹, Сонюшкин А.В.³, Жданова Е.Ю.¹

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, кафедра картографии и геоинформатики, кафедра метеорологии и климатологии, г. Москва, akizyakov@mail.ru

²Institute of Geosciences, University of Potsdam, г. Потсдам, Германия

³OpenWeatherMap, г. Нью-Йорк, США

РАЗРУШЕНИЕ БЕРЕГОВ ОСТРОВА КОЛГУЕВ В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАСТОВЫХ ЛЬДОВ

Введение

Разрушение морских арктических берегов, сложенных многолетнемерзлыми породами происходит в результате комплекса взаимодействующих процессов, преимущественно термоабразии и термоденудации. Существенная активизация этих процессов наблюдается на участках с выходами подземных льдов (пластовых или мощных полигонально-жильных) непосредственно в береговых уступах или в ближайшей прибрежной полосе.

Крупные залежеобразующие льды полигонально-жильные, ядра бугров пучения и пластовые залежи встречаются реже, чем текстурные льды, но значение их огромно, так их вытаивание ведет к активизации опасных криогенных процессов. Вытаивание льдов приводит к существенному изменению поверхности, образуются крупные термокарстовые котловины, термокары, термоцирки, термоэрозионные овраги.

Динамика и характер изменения геокриологических условий в естественных условиях (без техногенного воздействия) в течение некоторого периода времени может привести к активизации криогенных процессов, делая их опасными и катастрофическими по отношению к уже существующим объектам инфраструктуры.

Пластовые льды распространены на севере Северной Америки и Евразии. В российской Арктике районами их наиболее широкого распространения являются север Западной Сибири, побережье Таймыра, арктические острова и Чукотка. Наиболее западной точкой с обнаруженными пластовыми льдами в нашем секторе является о-в Колгуев.

Условия острова Колгуев

Для о-ва Колгуев характерен равнинный рельеф. С запада и севера к морю подходят цокольные морские террасы высотой от 20–30 до 40–70 м.

Остров сложен толщей четвертичных отложений, залегающих на позднеплиоценовой пачке, представленной песками и горизонтом суглинков с валунами. Ранне-среднеплейстоценовые отложения слагают поверхность с абсолютными отметками 70–90 м в центральной части острова, и поверхность

высотой 50–55 м на морском побережье. Базальный горизонт мощностью до 0,4 м представлен валунным галечником с большим количеством мелководных раковин. В разрезе выделяют три пачки: верхняя и нижняя преимущественно песчаные, средняя – алевроито-глинистая.

В береговых уступах на западе острова вскрываются в нижней части плотные глины мощностью до 15 м, выше залегает слой светло-серого песка мощностью от 8 до 20 м, перекрытый 20–25 м слоем серовато-коричневых глин и суглинков. В песках, залегающих на глинах, встречаются залежи пластовых льдов. Мощность пластов составляет от 0,5 до 2 м при протяженности 50–100 м [1].

Остров Колгуев находится в области распространения многолетнемерзлых пород. Среднегодовая температура мерзлых пород изменяется от $-0,8$ до -3°C по мере повышения гипсометрических уровней. Мощность многолетнемерзлой толщи соответственно увеличивается от 30 до 150 м. Мощность сезонно-талого слоя изменяется от 0,5 м в суглинистых породах до 5 м в маловлажных песках [2].

Берега острова

Западные и северные берега о-ва Колгуев развиваются в результате непосредственного воздействия волн на береговую уступ. Береговые уступы до 40-50 м, крутые, в средней части профиля отвесные. Поперечный профиль в общем случае выпуклый, перегиб образуется в случае, когда ниже песка залегает более устойчивая к обрушению глина, способная держать суботвесную стенку и в оттаявшем состоянии. В нижней части склонов формируются волноприбойные ниши глубиной до 5–7 м.

Для размываемых высоких береговых уступов характерна неровная в плане, фестончатая форма. Уступ изрезан многочисленными оврагами и промоинами, циркообразными понижениями. Подобные формы встречаются примерно через каждые 30–40 м. Отвершки оврагов продвигаются вглубь суши по полигональной сетке, содержащей полигонально-жильные льды.

Аккумулятивные берега распространены на восточной и южной части острова; в юго-восточной части они представлены широкими пляжами, осушками. С юга и юго-востока остров огибают Западные Плоские (Тонкие), Южные Плоские (Тонкие) и Восточные Плоские (Тонкие) Кошки, отделяющие мелководные лагуны – губы.

Ранее [3] авторами были оценены современные скорости отступления берегов о-ва Колгуев в периоды 2002–2009 и 2009–2012 гг. Скорости отступления берегов и роста термоцирков были определены для двух фрагментов побережья протяженностью 4,6 и 8 км.

Привлечение дополнительных разновременных данных дистанционного зондирования позволило авторам достичь следующих результатов [4, 6]:

– в пространственном аспекте – выполнить морфодинамическое районирование всей береговой линии острова; охватить измерениями динамики берегов большую протяженность побережья о-ва Колгуев за счет увеличения площади покрытия снимков;

– во временном аспекте – сократить временные интервалы измерений положения берегов стремясь приблизиться к ежегодным данным, а также продлить временной ряд.

Морфодинамическая типизация и районирование берегов о-ва Колгуев [5] (рис. 1) выполнены на основе анализа ряда разновременных спутниковых данных, собственных полевых материалов и литературных источников по геоморфологическому строению и литодинамике береговой зоны.

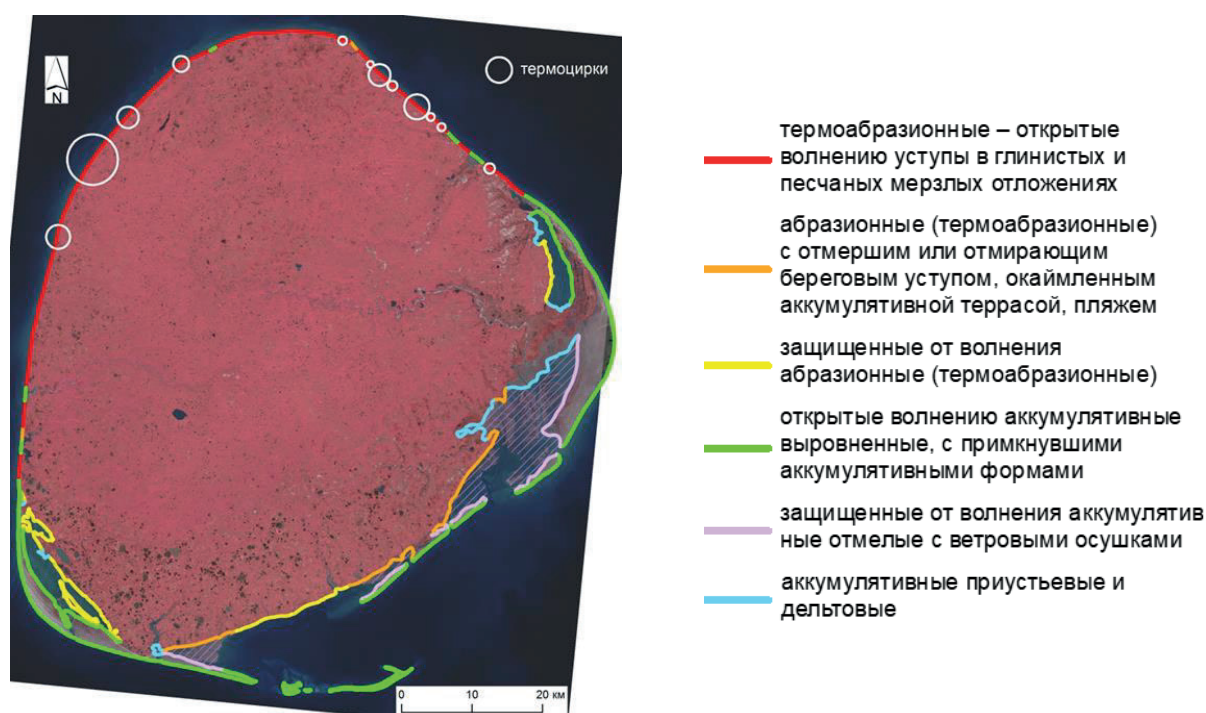


Рис. 1. Схема распространения различных морфодинамических типов берегов о-ва Колгуев

Термоабразионные берега распространены преимущественно в западной и северной части острова. Для них характерны наиболее высокие скорости отступления береговых уступов (рис. 2).

Термоцирки и термокары (начальные формы комплексной деструкции, не имеющие замкнутой в плане циркуобразной формы) на береговом уступе являются характерными формами для западного и северо-западного побережья о-ва Колгуев (рис. 1 и рис. 3). В 6 км к северу от устья р. Саучиха на участке протяженностью 8 км расположена группа термоцирков с вскрывающимися залежами пластовых льдов, которые были описаны М.А. Великоцким [1]. Здесь на береговом уступе представлены как небольшие термокары с размерами в плане от 50×70 м до 150×170 м, так и более крупные термоцирки размерами от 180×250 до 230×360. Крупные термоцирки сливаются друг с другом, образуя

термотеррасы (открытые в плане формы, обращенные к морю широкой ступенью) протяженностью от 300 до 1 100 м и шириной 210–280 м.

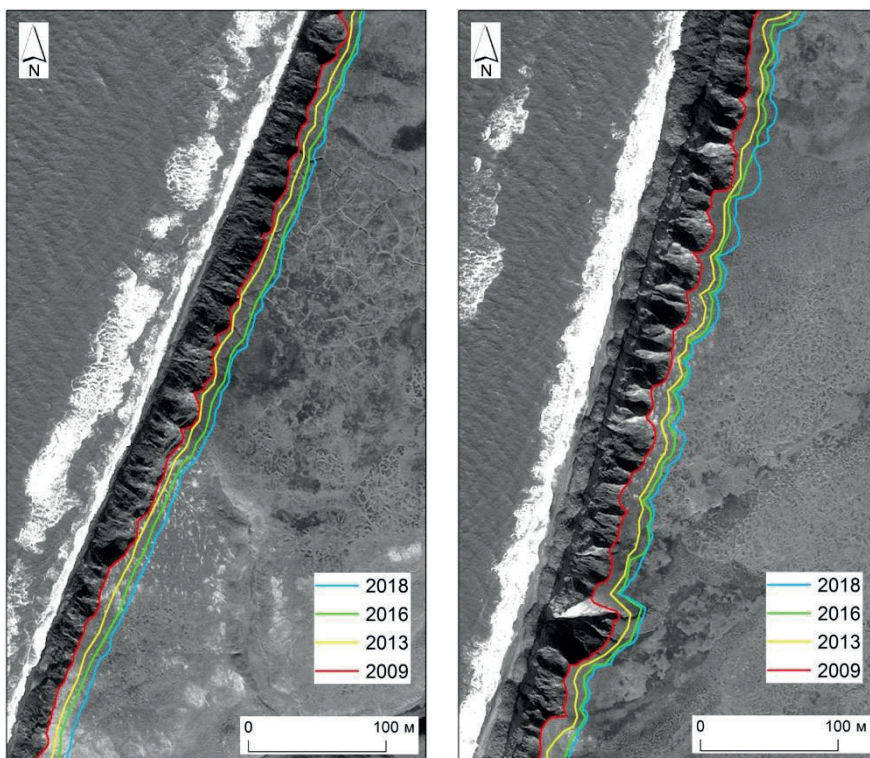


Рис. 2. Термоабразионные берега на западном побережье о-ва Колгуев

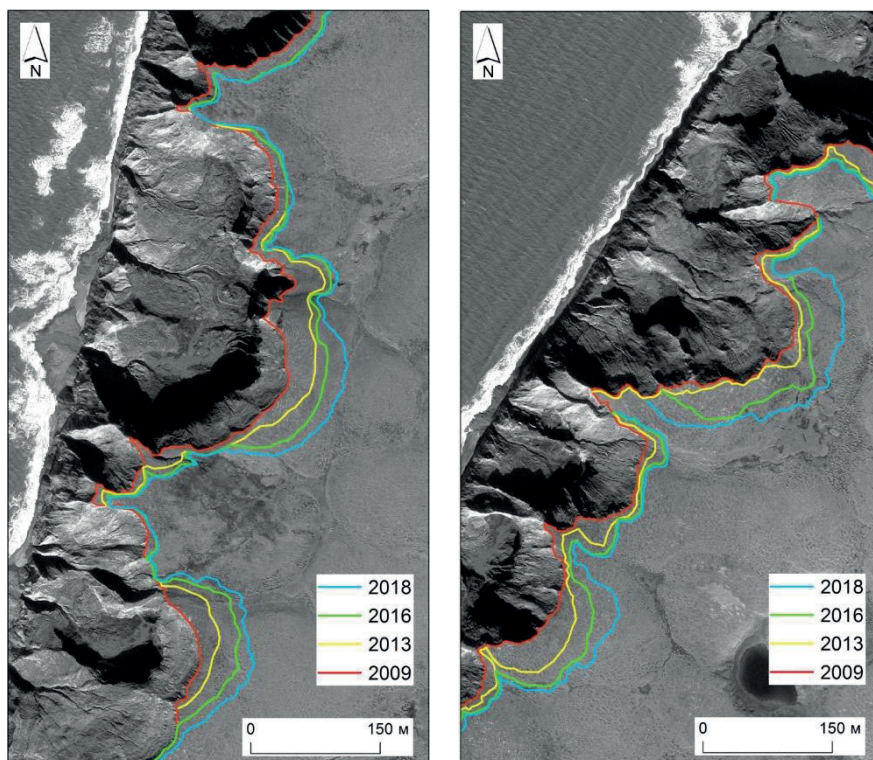


Рис. 3. Береговые термоцирки на западном побережье о-ва Колгуев

Современная динамика берегов и термоцирков выявлена в результате анализа разновременных космических снимков высокого и сверхвысокого пространственного разрешения. Для ортокоррекции снимков использовалась модифицированная цифровая модель рельефа TanDEM-X, построенная по данным съемки 2010–2012 гг.

Темпы термоабразии в 2002–2012 гг. составляли 1,7–2,4 м/год, средняя скорость роста термоцирков (скорость термоденудации) в тот же период составляла 2,6 м/год [2]. Максимальные скорости термоденудации до 15,1 м/год отмечены в 2009–2012 гг.

Весьма высокие скорости изменения положения береговой линии характерны также и для южных аккумулятивных берегов. Так, для косы Восточные Плоские Кошки в период с 2009 по 2016 гг. выявлены отдельные участки, где размыв и отступление аккумулятивного берега достигало 62 м. В приустьевых частях рек, в разрывах между островами – величины переформирования береговой линии более значительны – локальный размыв достигает 85 м.

Параллельно с выявлением динамики берегов и роста термоцирков выполнен анализ метеорологических данных за рассматриваемый период. Проанализированы изменчивость годовых сумм положительных температур воздуха и продолжительность динамически активного периода.

Высокие скорости разрушения берегов, сложенных многолетнемерзлыми породами, в строении которых принимают пластовые льды, представляет реальную опасность для объектов хозяйственной инфраструктуры на побережьях Арктических морей. В связи с этим, выявлению залежей подземных льдов должно быть уделено особое внимание при выполнении инженерных изысканий.

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ № 18-05-60080 и № 18-05-60221.

Список литературы

1. Великоцкий М.А. Особенности современной динамики берегов о. Колгуев // Динамика Арктических побережий России: сб. статей / Под ред. В.И. Соломатина, В.А. Совершаева, И.И. Мазура. М.: Изд-во Московского университета, 1998. С. 93–101.
2. Маслов Д.И., Бондарев В.И. Колгуев // Геокриология СССР (Европейская территория СССР) / Под. ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1988. С. 268–269.
3. Мониторинг скорости термоденудации и термоабразии на западном побережье острова Колгуев с использованием материалов космической съемки высокого разрешения / А.И. Кизяков, М.В. Зимин, М.О. Лейбман, Н.В. Правикова // Криосфера Земли. 2013. Т. 17. № 4. С. 36–47.

4. Coastal destruction in the western and eastern-most occurrence of tabular ground ice in the Eurasian Arctic / A.I. Kizyakov, F. Günther, M.V. Zimin, A.V. Sonyushkin, S. Wetterich // 15th International circumpolar remote sensing Symposium: book of abstracts, Potsdam: Bibliothek Wissenschaftspark Albert Einstein Potsdam, 2018. P. 20.
5. Coastal dynamics of the Kolguev Island / A.I. Kizyakov, F. Günther, M.V. Zimin, A.V. Sonyushkin // Solving the puzzles from cryosphere: abstracts of the International Conference. Moscow, 2019. P. 53–54.
6. Destruction of coasts with tabular ground ice occurrence on Kolguev Island, European Russian Arctic / F. Günther, A.I. Kizyakov, M.V. Zimin, A.V. Sonyushkin // Материалы Международной научной конференции «Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»)». Р.н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 221–222.