

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 551.435.36; 551.438.5; 913.211.17

Т.Ю. Репкина¹, Н.Н. Луговой², Ф.А. Романенко³, С.А. Лукьянова⁴

БЕРЕГА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ: ВИДЫ И ХРОНОЛОГИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Впервые выполнен обзор антропогенных изменений береговой зоны морей Российской Арктики. По данным дешифрирования космических снимков и литературным источникам составлены карты антропогенной трансформации рельефа и рельефообразующих процессов (масштаб 1:15 000 000) и соответствующие базы данных. Выделены шесть этапов освоения побережья: дореволюционный (включает 2 подэтапа – до XVIII века и с XVIII века до 1918 г.), Комсеворопути (1919–1932), Главсевморпути (1933–1963), «ведомственный» (1964–1991), смены хозяйственного уклада (1992–1998) и неокapиталистический (1999 – настоящее время) с досанкционнным (1999–2014) и санкционным (после 2014 г.) подэтапами. Определены специфичные для каждого из них виды антропогенного воздействия на береговую зону. На всех этапах, за исключением 1992–1998 гг., нагрузка на берега нарастала, а антропогенные изменения накапливались. Релаксация берега после снятия нагрузки произошла только там, где в береговой зоне не были созданы инженерные сооружения. Однако антропогенные изменения берегов Российской Арктики все еще имеют локальный характер. Выявлено 89 участков антропогенного воздействия общей протяженностью около 1% от длины береговой линии арктических морей России. На 56% из них трансформация рельефа и рельефообразующих процессов связана со строительством в береговой зоне объектов промышленного, военного и транспортного назначения, а на 44% – с функционированием объектов, расположенных за ее пределами. На 62% участков изменения берегов незначительны и локальны; на 20% рельефообразующие процессы (береговые, криогенные, склоновые, эоловые) усилились на расстоянии до 1 км от источника воздействия. На 18% участков трансформация рельефообразующих процессов вызвала быстрое отступление берегов и/или затопление прибрежных территорий, а изменения распространились на 1–12 км от источника воздействия. Наиболее глубокие изменения в береговой зоне вызывает строительство портовых сооружений и переходов трубопроводов, при этом особенно уязвимы к воздействию человека аккумулятивные (пляжевые и лагунные) и термоабразионные берега.

Ключевые слова: морские берега, антропогенные изменения, геоморфологические процессы

Введение. Проблемам антропогенного морфогенеза на берегах морей посвящена обширная литература. В частности, определены виды воздействия, вызывающие наиболее сильные и долговременные нарушения поперечного профиля и контура берега, состава наносов и берегоформирующих процессов [Берега, 1991; Айбулатов, Артюхин, 1991; Жиндарев, 2013 и др.]. Выделены типы трансформации рельефа береговой зоны под действием разных видов антропогенной нагрузки [Бровко, Малюгин, 2015]. Берега арктических морей отличаются особым набором видов природопользования [Романенко, 2007б; Романенко, 2015; Бредихин и др., 2020]; за счет присутствия морского льда и многолетнемерзлых пород их отклик на воздействие человека и изменение климата отличается от такового на берегах морей умеренных широт [Арэ, 1980; Берега, 1991; Lantuit et al., 2012; Ogorodov et al., 2016

и др.]. За несколько тысячелетий освоения, с тех пор, когда на берега арктических морей пришли древние люди, здесь сформировались своеобразные комплексы антропогенных форм рельефа, в том числе рельефоидов [Розанов, 1990], и рельефообразующих процессов, спровоцированных человеком и часто осложняющих хозяйственную деятельность [Лукьянова и др., 2007]. Состав и распространение таких комплексов менялись во времени вслед за сменой преобладающих видов антропогенной нагрузки. Проблемы реакции арктических берегов на строительство крупных портов и переходов через береговую зону подводных трубопроводов рассматривались в рамках инженерно-геологических изысканий и научных исследований [Камалов и др., 2006; Ермолов, Прядин, 2013; Ogorodov et al., 2016; Novikova et al., 2018 и др.]. В то же время, воздействие на берега Российской Арктики небольших, но более много-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: t-repkina@ya.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, науч. с.; e-mail: lugovoyu-n@ya.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, вед. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: faromanenko@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.

численных объектов – причальных сооружений, селитебных, промышленных и военных объектов, расположенных на прибрежных террасах, а также изменение антропогенного воздействия на берега в пространстве и времени ранее не изучались. Обобщение информации о преобразовании человеком арктических берегов России особенно важно в условиях климатических изменений, сопровождающихся увеличением штормовой активности и скорости термоабразии и термоденудации [Shabanova et al., 2018], а также в связи с перспективами развития Арктики.

Цель исследования – региональный обзор истории, видов и степени антропогенных изменений рельефа и рельефообразующих процессов береговой зоны (БЗ) морей Российской Арктики. Границы БЗ рассматриваются в понимании авторов монографии «Берега» [1991]. Поэтому антропогенные объекты, расположенные в устьевых областях рек (например, город и порт Архангельск), не были объектами исследования.

Материалы и методы исследований. Данные о распространении берегов разных генетических типов, об антропогенных изменениях рельефа и рельефообразующих процессов БЗ (береговых, криогенных, склоновых, золых) получены путём визуального дешифрирования космических снимков (КС) высокого (*Landsat*, 1984–2019 гг.; *Sentinel-2*, 2015–2019 гг.) и сверхвысокого (*Quick Bird*, 2010–2019 гг.) разрешения, доступных на открытых интернет-ресурсах *Google Earth*, *Яндекс Карты* и др. Для заверки дешифрирования использованы топографические и геологические карты средних масштабов, данные полевых исследований авторов и литературные источники. Генетические типы берегов выделены по известной классификации [Берега, 1991] (на рис. 1–3 они показаны обобщенно). Для участков, где выявлены признаки антропогенной трансформации БЗ, определен основной в настоящее время вид нагрузок (рис. 1); по опубликованным и архивным материалам [Романенко, 2007а] собрана информация о сроках начала воздействия, увеличения и уменьшения/снятия нагрузки (рис. 2); определена протяженность участка воздействия и инженерных сооружений; на относительном качественном уровне оценена степень трансформации рельефа и рельефообразующих процессов (рис. 3). Изменения последних выявлялись по морфологическим признакам при дешифрировании разновременных КС. Карты антропогенной трансформации рельефа и рельефообразующих процессов БЗ масштаба 1:15 000 000 и базы данных составлены с использованием ArcGIS. Использована Цифровая географическая основа масштаба 1:15 000 000, составленная ВСЕГЕИ [Цифровая ..., 2019].

Результаты исследований и их обсуждение. *Историю освоения арктического побережья* мы разделили на несколько этапов (см. рис. 2). Внутри *дореволюционного этапа* выделяются *допромышленный (до XVIII века)*, от которого сохранились единичные комплексы антропогенных форм

рельефа и отложений, и *капиталистический подэтапы (с XVIII века до 1918 г.)*. Первыми антропогенными объектами на арктических берегах были стоянки представителей традиционных приморских культур, хозяйственная деятельность которых основывалась на добыче рыбы и морского зверя. Остатки жилищ и культовых сооружений часто сохраняются на береговых аккумулятивных формах (Инчоун, Чукотское море и др.). С ростом заселения и освоения новых промысловых ресурсов примитивные бревенчатые причалы, промысловые избы и фактории появились на берегах Белого и Баренцева морей в XIV–XV вв., Чукотского и Берингова – в XVII–XIX вв., а Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского – в XIX – начале XX вв. К 1918 г. влияние человека на рельеф стало заметным на 45 участках БЗ (см. рис. 2А). Чаще всего оно заключалось в механическом воздействии на береговые аккумулятивные формы и дюнный комплекс, существенно реже – в локальных изменениях потоков наносов вблизи причальных и портовых сооружений. Крупнейшими антропогенными объектами на берегах Западной Арктики стали порты Кольского залива, Соловецкого монастыря, лесопильного завода в п. Попов Остров (Рабочеостровск), пристань в Кандалахше и мол в Раз-Наволоке (Беломорск). Восточнее примитивные портовые сооружения появились только на Диксоне (Карское море) и в Ново-Мариинске (г. Анадырь, Берингово море). Большая часть созданных на дореволюционном этапе портов и причалов функционирует до настоящего времени и влияет на рельефообразующие процессы БЗ (см. рис. 2Г). Так, современные берега Унской губы Белого моря находятся под воздействием причала, построенного в XIX в. [Сафьянов, Репкина, 2013].

Период между 1919 и 1932 гг. можно назвать *этапом Комсеперопути (КСМП)*. В 1919 г. адмирал А.В. Колчак создал Комитет Северного морского пути, продолживший свою деятельность и при Советской власти. Освоение БЗ не было системным, появились всего семь новых портов и причалов, созданных для охраны морских границ (Кувшинская Салма, Баренцево море), нужд репрессивной системы (Амбарчик, Восточно-Сибирское море), торговли и добычи рыбы (Новый Порт, Карское море), укрепления Советской власти в отдаленных районах (Найба, море Лаптевых, Ушаковское, Чукотское море; Лаврентия, Уэлькаль, Берингово море).

Многогранная и обширная деятельность *Главного управления Северного морского пути (ГУСМП)* в 1933–1963 гг. – содержание следующего этапа освоения. Тридцать лет деятельности ГУСМП стали временем быстрого освоения берегов Арктики, создания, в том числе руками узников ГУЛАГа и Дальстроя, сети портов и портопунктов – Амдерма, Диксон, Тикси, Певек, Мыс Шмидта, Providения, Эгвекинот, Беринговский, Анадырь и др., объединивших регион в единую транспортную, хозяйственную и оборонную систему. Появилось 24 новых ареала антропогенного воздействия (см. рис. 2А), а в 16 уже освоенных районах возрос-

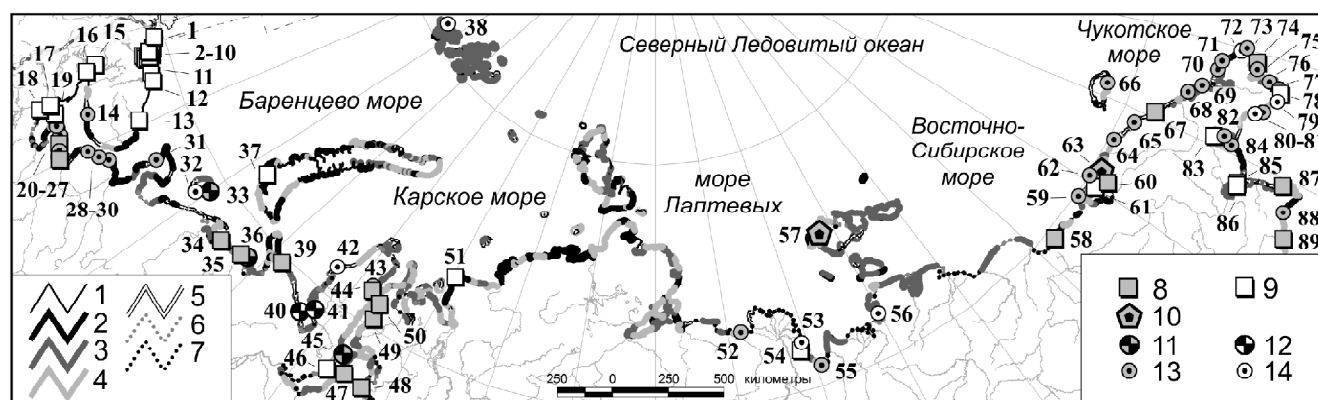


Рис. 1. Виды антропогенного воздействия на БЗ морей Российской Арктики. Условные обозначения.

Генетические типы берегов: 1 – неизменные и слабо измененные морем, 2 – абразионные (активные и отмершие) и абразионно-денудационные, 3 – термоабразионные и термоденудационные, 4 – абразионно-аккумулятивные, 5 – аккумулятивные (пляжевые и лагунные), 6 – осушные, 7 – дельтовые и эстуарные. **Участки антропогенного воздействия** (левый столбец – на аккумулятивные пляжевые и лагунные берега, правый – на берега прочих типов), вызванного: **строительством в БЗ:** 8, 9 – портовых и причальных сооружений, 10 – аэродромов, 11, 12 – переходов трубопроводов; 13, 14 – функционированием объектов, расположенных за пределами БЗ. Цифрами обозначены: 1 – Лиinahамари; 2 – Западная Лица; 3 – Видяево и Ара-Губа; 4 – Порт-Владимир; 5 – Кувшинская Салма; 6 – Гаджиево; 7 – Полярный; 8 – Белокаменка; 9 – Мурманск – Кола – Лавна; 10 – Североморск; 11 – Териберка; 12 – Дальние Зеленцы; 13 – Островной и Гремиха; 14 – Кузомень; 15 – Кандалакша; 16 – Лесозаводский; 17 – Рабоче-островск (Порт Кемь); 18 – Беломорск; 19 – Соловецкий; 20 – Летняя Золотица; 21 – Лопшеньга; 22 – Яреньга; 23 – Пертоминск; 24 – Сюзьма; 25 – Нёнокса; 26 – Солза; 27 – Северодвинск; 28 – Нижняя Золотица; 29 – Ручьи; 30 – Майда; 31 – Шойна; 32 – Бугрино; 33 – Песчанка; 34 – Дресвянка; 35 – Старый Варандей; 36 – Новый Варандей; 37 – Белушья губа; 38 – о. Земля Александры; 39 – Амдерма; 40 – Ярынская; 41 – Байдаракская; 42 – Харасавэй; 43 – Тамбей; 44 – Сабетта; 45 – мыс Каменный; 46 – Новый Порт; 47 – Ямбург; 48 – Юрхарово; 49 – Тадебья-Яха; 50 – Халцанаяха; 51 – Диксон; 52 – Ыстыннах-Хочо; 53 – Быковский; 54 – Тикси; 55 – Найба; 56 – Юкагир; 57 – о. Котельный; 58 – Амбарчик; 59 – Айон; 60 – Западный; 61 – Певек; 62 – Апапельгино; 63 – Биллингс; 64 – Янранай; 65 – Ленинградский; 66 – Ушаковское; 67 – Мыс Шмидта; 68 – Ванкарём; 69 – Нутэпэльмен; 70 – Нешкан; 71 – Энурмино; 72 – Инчоун; 73 – Уэлен; 74 – Лаврентия; 75 – Лорино; 76 – Янракынот; 77 – Новое Чаплино; 78 – Провидения; 79 – Сиреники; 80 – Нунлигран; 81 – Энмелен; 82 – Конергино; 83 – Эгвекинот; 84 – Уэлькаль; 85 – Угольные Копи; 86 – Анадырь; 87 – Беринговский; 88 – Мейныпилыгyno; 89 – Хатырка

Fig. 1. Types of anthropogenic impact on the coastal zone of the Russian Arctic seas.

Legend: **Genetic types of coasts:** 1 – unchanged and slightly modified by the sea, 2 – wave erosion (active and stable) and abrasion-denudation, 3 – thermoerosion and thermodenudation, 4 – erosion-accumulative, 5 – accumulative (beach and lagoon), 6 – intertidal, 7 – delta and estuarine. **Areas of anthropogenic impact** (the left column indicates accumulative coasts, and the right column indicates other types of coasts), induced by: **construction in the coastal zone of the:** 8, 9 – ports and berths, 10 – airfields, 11, 12 – pipeline crossings; 13, 14 – **functioning of objects located outside the coastal zone.** Numbers are indicated: 1 – Liinahamari; 2 – Zapadnaja Lica; 3 – Vidjaevo i Ara-Guba; 4 – Port Vladimir; 5 – Kuvshinskaja Salma; 6 – Gadzhievo; 7 – Poljarnyj; 8 – Belokamenka; 9 – Murmansk – Kola – Lavna; 10 – Severomorsk; 11 – Teriberka; 12 – Dal'nie Zelency; 13 – Ostrovnoj i Gremiha; 14 – Kuzomen'; 15 – Kandalaksha; 16 – Lesozavodskij; 17 – Rabocheostrovsk (Port Kem'); 18 – Belomorsk; 19 – Soloveckij; 20 – Letnjaja Zolotica; 21 – Lopshen'ga; 22 – Jaren'ga; 23 – Pertominsk; 24 – Sjuz'ma; 25 – Njonoksa; 26 – Solza; 27 – Severodvinsk; 28 – Nizhnjaja Zolotica; 29 – Ruch'i; 30 – Majda; 31 – Shojna; 32 – Bugrino; 33 – Peschanka; 34 – Dresvjanka; 35 – Staryj Varandej; 36 – Novyj Varandej; 37 – Belush'ja guba; 38 – Zemlya Aleksandry Island; 39 – Amderma; 40 – Jarynskaja; 41 – Bajdarackaja; 42 – Harasavje; 43 – Tambej; 44 – Sabetta; 45 – mys Kamennyj; 46 – Novyj Port; 47 – Jamburg; 48 – Jurharovo; 49 – Tadebja-Jaha; 50 – Halcanajaha; 51 – Dikson; 52 – Ystynnah-Hocho; 53 – Bykovskij; 54 – Tiksi; 55 – Najba; 56 – Jukagir; 57 – Kotelny Island; 58 – Ambarchik; 59 – Ajon; 60 – Zapadnyj; 61 – Pevek; 62 – Apapel'gino; 63 – Billings; 64 – Janranaj; 65 – Leningradskij; 66 – Ushakovskoe; 67 – Mys Shmidta; 68 – Vankarem; 69 – Nutjepel'men; 70 – Neshkan; 71 – Jenumino; 72 – Inchoun; 73 – Ujelen; 74 – Lavrentija; 75 – Lorino; 76 – Janrakynnot; 77 – Novoe Chaplino; 78 – Providenija; 79 – Sireniki; 80 – Nunligran; 81 – Jenmelen; 82 – Konergino; 83 – Jegvekinot; 84 – Ujel'kal'; 85 – Ugol'nye Kopi; 86 – Anadyr'; 87 – Beringovskij; 88 – Mejnypil'gyno; 89 – Hatyrka

ла нагрузка на БЗ (см. рис. 2Б), более чем в половине из них приуроченная к портам и причальным сооружениям. По функциональному назначению порты практически поровну разделились на торговые (в основном для вывоза продукции горной промышленности и северного завоза) и военные, сконцентрированные, в основном, во фьордах Кольского полуострова. На береговых барах и низких морских террасах строились аэродромы (о. Греэм-Белл, Земля Франца-Иосифа; Косистый, Хатангский залив; о. Котельный; Апапельгино и др.). В связи с организацией и укрупнением колхозов, совхозов и баз оседлости возникали новые участки традиционного

воздействия на берега (Айон, Ушаковское и др.). В ближайших окрестностях полярных станций при строительстве плотин, маяков (о. Белый), узкоколейных железных дорог (Марре-Сале), ветродвигателей (о. Визе), молов (Амбарчик, Новый Порт) из береговой полосы изымали десятки кубометров песка или гальки, особенно интенсивно так было в 1940-х гг., когда полярникам предписывалось опираться на местные стройматериалы. В 1950-х гг. многие прибрежные поселения и причалы, в том числе приуроченные к лагерям ГУЛАГа (Амбарчик, Куйвиев), были заброшены. Сейчас следы воздействия на БЗ видны только в единичных пунк-

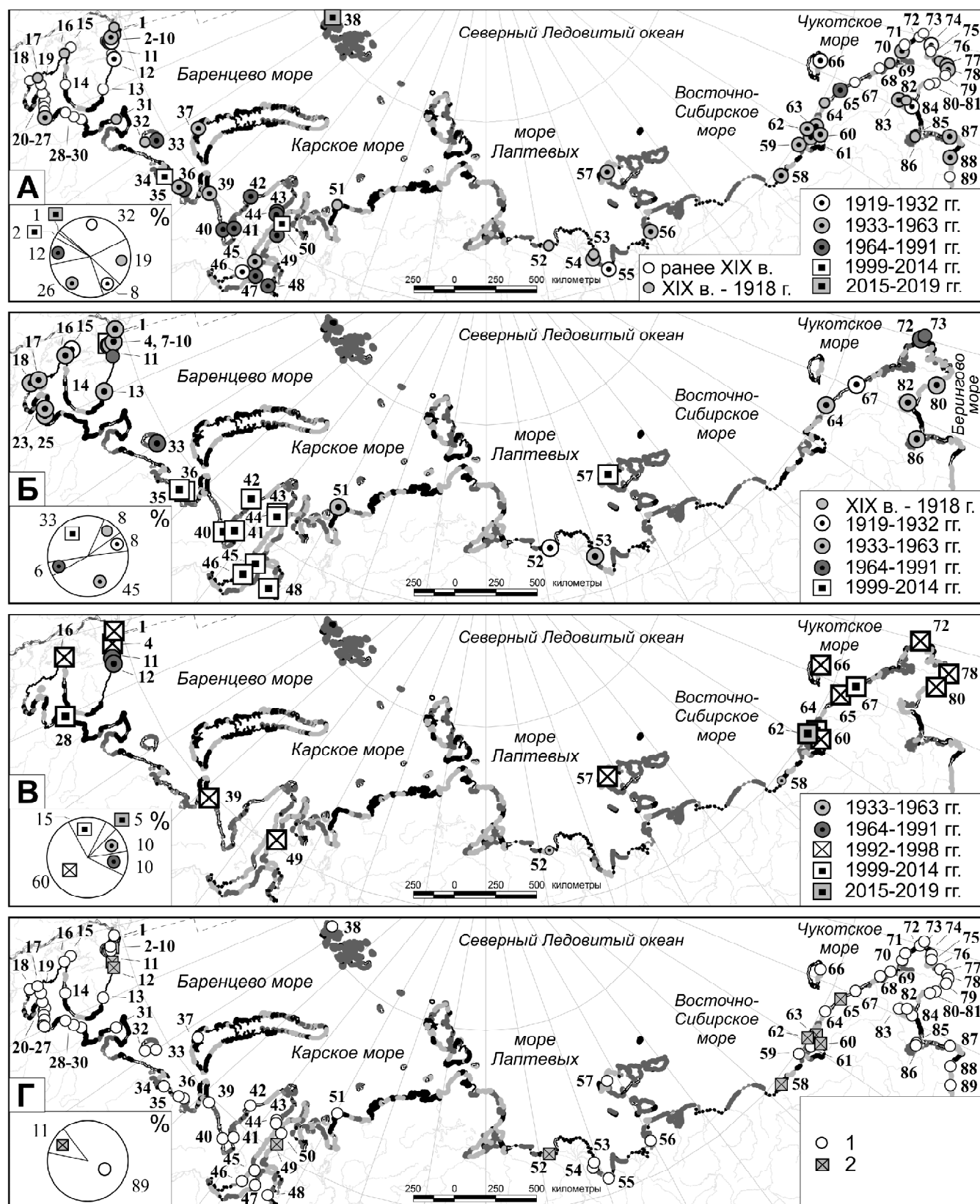


Рис. 2. Изменение антропогенной нагрузки на БЗ Российской Арктики. А – начало воздействия, Б – резкое увеличение нагрузки, В – резкое уменьшение или снятие нагрузки, Г – современное состояние объекта воздействия (1 – действующий, 2 – заброшен, оказывает остаточное воздействие). Условными знаками показано положение участков воздействия (наименования см. рис. 1).

Круговые диаграммы показывают процентное соотношение участков на разных этапах освоения

Fig. 2. Changes of anthropogenic impact on the coastal zone of the Russian Arctic. А – the beginning of the impact, Б – a sharp increase of the impact, В – a sharp decrease or removal of the impact, Г – the current state of the affected object (1 – active, 2 – abandoned, has a residual impact). Conventional signs show the position of the impact sites (see Fig. 1 for names). Pie charts show the percentage of areas with different stages of development of the Arctic coast

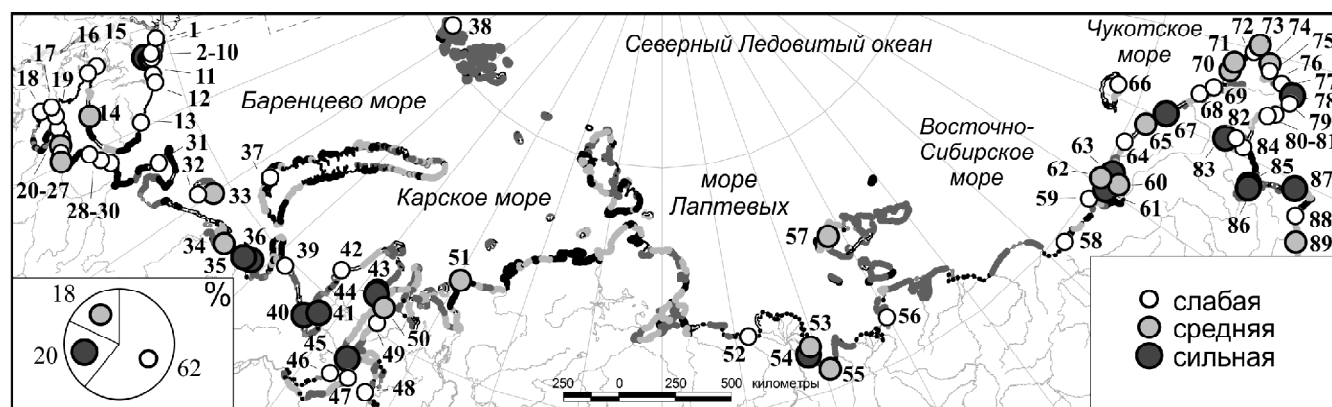


Рис. 3. Степень трансформации рельефообразующих процессов БЗ Российской Арктики (относительная качественная оценка). Условными знаками показано положение участков воздействия (наименования см. рис. 1). Круговая диаграмма показывает процентное соотношение участков с разной степенью изменения процессов

Fig. 3. Degree of transformation of relief-forming processes of the coastal zone of the Russian Arctic (relative qualitative assessment). Conventional signs show the position of impact sites (see figure 1 for names). The Pie chart shows the percentage of sites with different degrees of change in processes

тах, где сохранились полуразрушенные причальные сооружения (Амбарчик) (см. рис. 2Г).

Постепенно функции ГУСМП перешли министерствам и ведомствам, продолжавшим работы в Арктике по своим программам, часто не согласованным друг с другом. Поэтому *этап с 1964 г. до 1991 г. можно назвать «ведомственным»*. Освоение берегов было подчинено в Западной Арктике поиску, разведке и подготовке к транспортировке нефти и газа (Варандей, Песчанка, Дресвянка в Баренцевом море, берега Обской и Байдарацкой губ Карского моря), а в Восточной – добыче золота (п. Ленинградский, Чукотское море и др.). В то же время часть баз ВМФ, портов, поселков, полярных станций прекратила существование.

В 1992 году начался *этап смены хозяйственного уклада (1992–1998)*. Сырьевые отрасли – основной агент создания антропогенного рельефа, резко сократили свою активность. Хозяйственная жизнь на берегах Арктики замерла. Были заброшены (см. рис. 2В) поселки нефтегазоразведочных экспедиций (Тадибе-яха, Обская губа и др.) и приисков (Ленинградский, Чукотское море и др.), объекты транспортной инфраструктуры (аэропорты о. Котельный и др.), лесопильные заводы (п. Лесозаводский, Белое море и др.), несколько десятков полярных станций и военных объектов. Но антропогенная нагрузка на БЗ уменьшилась не столь резко, как на суше. Заброшенные причальные сооружения (п. Западный, п. Порт-Владимир и др.), скопления антропогенных наносов (п. Лесозаводский и др.), а также оставленная на берегах техника до сих пор меняют береговые процессы (см. рис. 2Г).

После 1998 г. начался новый этап роста хозяйственной активности в Арктике – *неокапиталистический*, продолжающийся и сейчас. Его можно разделить на два подэтапа – *досанкционный (1999–2014)* и *санкционный (после 2014 г.)*. Различия между ними связаны с прекращением и/или

сокращением сотрудничества с западными партнерами, что немедленно отразилось на интенсивности освоения и появления новых ареалов антропогенного рельефа и трансформации береговых процессов. В 1999–2014 гг. возникли два новых участка антропогенного прессинга (34 и 50, см. рис. 1–3), а на 11 нагрузка на БЗ резко возросла, тогда как с 2015 г. до наших дней начато освоение только одного нового участка БЗ (о. Земля Александры). Рост нагрузки связан с добычей и транспортом углеводородного сырья (Варандей и Дресвянка в Баренцевом море, переходами магистрального газопровода Бованенково – Ухта через Байдарацкую губу, Саббета, Новый Порт и ряд других в Карском море), а также с созданием и реконструкцией оборонных объектов. Главная особенность этапа – возросшие технические возможности преобразования рельефа БЗ.

Таким образом, воздействие человека на берега Российской Арктики на каждом из этапов освоения было связано с ограниченным набором видов хозяйственной деятельности, определяемым политико-экономической ситуацией на «материке». Поэтому антропогенная нагрузка изменялась не линейно во времени и пространстве. На всех этапах освоения, за исключением 1992–1998 гг., она нарастала, больше на западе и крайнем востоке региона. В основном это происходило постепенно и несистемно, и только во время деятельности ГУСМП (1933–1963 гг.) – стремительно и более планомерно. В зависимости от вида и масштаба воздействия и отклика БЗ, формы антропогенного рельефа усложнялись, а спровоцированные человеком рельефообразующие процессы активизировались, или же, после снятия нагрузки, затухали. К настоящему времени значимые изменения рельефа и/или береговых процессов выявлены на 89 участках, расположенных вблизи действующих и заброшенных населенных пунктов, промышленных и военных объектов (см. рис. 2Г).

Виды антропогенного воздействия на БЗ морей Российской Арктики в целом менее разнообразны, чем на берегах морей умеренных широт; преобладает строительство гидротехнических сооружений (табл. 1).

В отличие от густонаселенных побережий, строительство портов и причалов – основной фактор антропогенной нагрузки на 48% участков, а объекты береговой рекреационной инфраструктуры, в т. ч. берегозащитные сооружения, отсутствуют. Другие объекты строительства: переходы трубопроводов (6%), аэродромы на береговых косах и барах (2%). На остальных участках (44%) вмешательство человека связано с функционированием поселений, где сохраняется традиционный хозяйственный уклад, или небольших промышленных и военных объектов, расположенных за пределами БЗ. Оно сводится к изъятию отложений береговых аккумулятивных форм и дюнного комплекса, механическому воздействию на рельеф БЗ, а также ее загрязнению отходами производства, потребления и перевозок грузов.

Степень антропогенных изменений рельефа и рельефообразующих процессов БЗ зависит от вида и интенсивности воздействия человека, и отличается на берегах разных генетических типов (см. рис. 3).

Протяженность участков антропогенного прессинга, как правило, не более двух километров при максимуме около 40 км. При этом влияние антропогенной нагрузки на рельефообразующие, в первую очередь – береговые, процессы может распространяться на десятки километров от участка воздействия. Поэтому, наиболее объективным критерием оценки изменений БЗ, учитывающим силу антропогенного прессинга и реакцию берега, представляется *степень трансформации рельефообразующих (береговых, криогенных, склоновых, эоловых) процессов*. Выделены три категории: 1) *слабая*, если изменения рельефообразующих процессов незначительны и практически не выходят за пределы участка антропогенной нагрузки; в таких случаях скорость смещения береговых уступов или береговой линии близка к средней для данного района [Лукьянова, Соловьева, 2009; Lantuit et al., 2012; Национальный ..., 2017 и др.]; 2) *средняя*, если скорость

смещения берега незначительно возросла, а состав и/или интенсивность рельефообразующих процессов изменены на расстоянии до одного километра от участка воздействия; 3) *сильная*, если произошла смена типа процесса и/или берега, скорость его смещения резко увеличилась, при этом рельефообразующие процессы изменены на протяжении более одного километра от участка воздействия.

Строительство гидротехнических и иных инженерных сооружений вызывает наиболее глубокие изменения рельефа и рельефообразующих процессов БЗ (см. табл. 1): берега осложнены рельефоидами, изменяются поперечный профиль и контур берега, объем и состав наносов, температурный режим пород, морфо- и литодинамические процессы [Айбулатов, Артюхин, 1993; Ogorodov et al., 2016 и др.]. Строительство неизбежно сопровождается механическим изменением рельефа и замусориванием БЗ, а иногда – дноуглубительными работами, дампингом и другими видами воздействия. Поэтому участок интенсивной антропогенной нагрузки нередко в несколько раз превышает протяженность инженерных сооружений.

Портовые и причальные сооружения чаще всего занимают десятки – сотни метров береговой линии, а в районах длительного освоения, чередуясь с береговыми постройками разного назначения, могут тянуться на десятки километров. Максимальной протяженности они достигают на берегах, слабо измененных морем (~30 км в районе порта Мурманск в Кольском заливе Баренцева моря и ~5 км в бухте Провидения Берингова моря). Крупные комплексы портовых сооружений (от двух до восьми километров) созданы на абразионных (Тикси, Певек, Анадырь), абразионно-аккумулятивных (Эгвекино, Беринговский) и аккумулятивных (Варандей, Сабетта, Анадырский лиман) берегах. Изменения береговых процессов вблизи большей части портовых и причальных сооружений обусловлены перехватом вдольбереговых потоков наносов, вызывающим заполнение входящего угла (аккумуляция наносов перед поперечными сооружениями) и низовой размыв в их тылу. На берегах, слабо измененных морем, портовые сооружения не приводят к серьезным нарушениям береговых процессов, хотя сильно изме-

Таблица 1

Степень трансформации рельефообразующих процессов на участках антропогенного воздействия

Вид антропогенного воздействия	Степень трансформации процессов; число участков / (%)			
	малая	средняя	высокая	всего
Строительство в БЗ, в том числе:	25 / (28)	9 / (10)	16 / (18)	50 / (56)
– портовых и причальных сооружений	25 / (28)	8 / (9)	10 / (11)	43 / (48)
– переходов трубопроводов	–	–	5 / (6)	5 / (6)
– аэродромов на береговых косах и барах	–	1 / (1)	1 / (1)	2 / (2)
Функционирование объектов разного назначения, расположенных за пределами БЗ	30 / (34)	9 / (10)	–	39 / (44)
Всего	55 / (62)	18 / (20)	16 / (18)	89 / (100)

няют морфологию берегов (Мурманск, Providения и др.). На абразионных берегах низовой размыв спровоцировал активизацию гравитационных процессов, а на термоабразионных и термоденудационных – криогенных и гравитационных (Тикси, Беринговский и др.) процессов на береговых уступах. Степень трансформации рельефообразующих процессов на таких берегах оценивается как малая или средняя, и только в более крупных портах (Тикси, Певек, Анадырь, Эвекинот) – как высокая.

Высокая и средняя степень трансформации рельефообразующих процессов свойственна аккумулятивным пляжевым и лагунным берегам. Строительство даже небольших причалов, как правило, приводит здесь к низовому размыву береговых аккумулятивных форм и изменению потоков наносов. Зона воздействия сооружений на рельефообразующие процессы обычно на порядок и более превышает их размеры. Так, в п. Лаврентия (Берингово море) влияние причала шириной 20 м, выдающегося в море на 40 м, прослеживается на расстоянии около 650 м (400 м – аккумуляция, 250 м – низовой размыв). Одна из главных причин перестройки морфолитодинамических систем и размыва аккумулятивных форм – изъятие материала с подводного берегового склона, пляжа и авантюны (Северодвинск, Мыс Шмидта и др.). Губительны для аккумулятивных форм проезды тяжелой техники и иные механические нарушения растительного и почвенного покровов, выявленные на расстоянии от 100–200 м до километров от портов и причалов. На песчаных косах и барах они провоцируют дефляцию, а при значительной льдистости пород – термоденудацию. В результате высота аккумулятивных форм над уровнем моря уменьшается, и они становятся уязвимы для штормовых нагонов, еще больше разрушающих берег. Так, в г. Северодвинске при штормовом нагоне 15–16 ноября 2011 г. волны переклестывали бар и прибрежные дюны. В результате дюнный пояс был практически разрушен, а берег отступил на 1–3 м.

Переходы подводных трубопроводов через БЗ построены подземным способом. Трубы уложены в траншеи и засыпаны грунтом. На берегах Байдарацкой губы переходы магистрального газопровода Бованенково–Ухта защищены бетонными коффердамами [Ермолов, Прядилин, 2013]. Остальные переходы (33, 45, см. рис. 1–3) не имеют надземной защиты. Протяженность участков БЗ, где рельеф и отложения полностью изменены при укладке трубопроводов, не превышает 500 м. За счет обустройства инфраструктуры и проездов тяжелой техники зона антропогенного воздействия увеличивается до 2–15 км. Степень трансформации рельефообразующих процессов на всех подвергшихся такому воздействию берегах (термоабразионных, абразионных и аккумулятивных) оценивается как высокая.

Так, на уральском берегу Байдарацкой губы скорость отступления берега в створе перехода газопровода увеличилась за время строительства (2008–2012 гг.) в два раза, достигнув трех–четырех

метров в год. Основная причина активизации термомеханического разрушения и волнового размыва береговых уступов – дефицит наносов, резко усугубившийся в результате изъятия песков с пляжа и приливной осушки, а также перехвата коффердамами потока наносов [Ермолов, Прядилин, 2013]. Низовой размыв, затронувший не только термоабразионные, но и ранее стабильные аккумулятивные берега, прослеживается на уральском берегу на 2,5 км, а на ямальском – на 2 км [Novikova et al., 2018], а аккумуляция во «входящих углах» коффердамов – на 0,7 и 0,3 км соответственно. Проезды тяжелой техники по пляжу и приливной осушке многократно усиливают разрушение аккумулятивных берегов [Ogorodov et al., 2016]. На о. Варандей за 50 лет освоения изъятие наносов пляжей и разрушение дюнного комплекса привели к необратимым изменениям морфолитодинамической системы на протяжении 15 км. В БЗ возник резкий дефицит наносов, а поверхность острова стала ниже на один–три метра и затапливается во время штормовых нагонов. Абразионный уступ террасы, сложенной малоальдистыми песками, отступал в отдельные годы на 7–10 м, а в среднем за последние десятилетия – на 3–4 м/год, что в полтора–два раза превышает скорость разрушения берегов такого типа в естественном состоянии [Ogorodov et al., 2016]. Изъятие наносов и механические нарушения поверхности тяжелой техникой стали основными причинами деградации голоценовых аккумулятивных форм. На северо-востоке о. Колгуева за 35 лет эксплуатации перехода нефтепровода Песчаноозерского месторождения, прорезавшего корень косы, берег отступил не менее чем на 60 м. Деградация косы, вызванная реакцией берега на указанные воздействия, прослеживается на 12 км. На мысе Каменном в Обской губе при строительстве (2012–2016 гг.) и эксплуатации нефтеналивного терминала «Ворота Арктики» нарушено около 60% поверхности косы протяженностью 23 км. Масштабные изменения рельефа несут угрозу отступания берега в корне косы, а также низового размыва в ее дистальной части, южнее створа перехода.

Строительство аэродромов (см. рис. 1) не повлияло на динамику внешних берегов кос, при этом их внутренние берега значительно или полностью изменены при обустройстве мостов и дорог (см. табл. 1); лагуны заполняются наносами и мелеют.

Участки антропогенного воздействия, связанного с *функционированием объектов, расположенных за пределами БЗ*, в 79% случаев приурочены к аккумулятивным берегам. На фоне относительно небольших изменений рельефа БЗ здесь становится заметным влияние на береговые процессы замусоривания пляжей и подводного берегового склона. Скопления брошенной техники, затонувшие суда, металлические контейнеры и бочки перехватывают и изменяют локальные потоки наносов. Иногда, например, у заброшенных баз ВМФ и военных частей (п. Порт-Владимир, Баренцево море; пос. Урелики, Берингово море), они блокируют бе-

рег на протяжении 100–300 м. Бытовой мусор, уголь и отходы лесопильных заводов (п. Лесозаводский, о. Средний в устье р. Керети на Белом море и др.). вовлекаются в потоки наносов.

Таким образом, наибольшее воздействие на рельеф БЗ оказывает строительство портов и переходов трубопроводов. Обустройство инфраструктуры любых объектов строительства не только расширяет площадь антропогенного прессинга в несколько раз, но часто наносит БЗ больший урон, чем создание основного объекта. Наиболее разрушительны для берегов большей части генетических типов перехват, изъятие и уплотнение наносов, а также механические деформации берегового рельефа. Протяженность зон воздействия на рельефообразующие процессы, в зависимости от параметров источника антропогенной нагрузки, его положения в морфолитодинамической системе и реакции берега изменяется от сотен метров до 12 км.

Берега разных генетических типов используют человеком неравномерно, а их реакция на антропогенную нагрузку не одинаково интенсивна (табл. 2). Наиболее удобны для хозяйственного освоения, но и весьма уязвимы, аккумулятивные (пляжевые и лагунные) берега.

Антропогенная нагрузка ведет к деградации поверхностей аккумулятивных форм и отступанию берега. На песчаных берегах активизируется дефляция, реже – процессы термоденудации. Лагуны, разделенные дорогами и мостами на обособленные водоемы, мелеют. Доля участков с существенными изменениями рельефообразующих процессов достигает 45%. Абразионные, термоабразионные и термоденудационные берега выбирают для строительных и селитебных целей существенно реже. Антропогенная нагрузка провоцирует здесь активизацию абразии, а также, в зависимости от состава пород береговых уступов, комплекс склоновых, криогенных и эоловых процессов, ускоряя отступление берега. Такие же изменения происходят на абразионных и термоабразионных участках абразионно-аккумулятивных берегов. Трансформация береговых процессов на неизмененных и слабо измененных морем берегах незначительна. Исключение – берега крупных портовых комплексов (Мурманск-

Кола-Лавна и Providения), где берега практически полностью покрыты рельефоидными.

Выводы:

– в истории освоения берегов Российской Арктики выделены шесть этапов: дореволюционный (включает два подэтапа – до XVIII в. и с XVIII в. до 1918 г.), этап КСМП (1919–1932), этап ГУСМП (1933–1963), «ведомственный» (1964–1991), смены хозяйственного уклада (1992–1998) и неокapиTaлистический (1999 – настоящее время) с досанкционированным (1999–2014) и санкционным (после 2014 г.) подэтапами. Каждый из них отличался специфическим набором видов антропогенного воздействия и степенью трансформации рельефа и рельефообразующих процессов береговой зоны. На всех этапах, за исключением 1992–1998 гг., нагрузка на берега нарастала, а антропогенные изменения накапливались. Релаксация берега после снятия нагрузки произошла только на некоторых участках, где в БЗ не были созданы инженерные сооружения;

– в настоящее время антропогенное воздействие на берега Российской Арктики имеет точечный характер и локализовано вблизи портов, населенных пунктов, военных объектов, участков добычи и транспорта углеводородов. Из 89 ареалов антропогенного прессинга 56% связаны со строительством в береговой зоне объектов промышленного, военного и транспортного назначения, а 44% – с функционированием объектов, расположенных за ее пределами. Общая протяженность участков воздействия составляет около 400 км (около 1% длины береговой линии арктических морей России по [Цифровая ..., 2019]); не более трети из них приходится на инженерные сооружения;

– наибольшее воздействие на рельеф береговой зоны оказывает строительство портовых сооружений и переходов трубопроводов. Основной вид воздействия сопровождается комплексом сопутствующих, что расширяет зону антропогенного прессинга в несколько раз; наиболее губительны из них – изъятие наносов и разрушение аккумулятивных форм берегового рельефа;

– антропогенная нагрузка, как правило, активизирует комплекс денудационных береговых, криоген-

Таблица 2

Степень антропогенной трансформации рельефообразующих процессов на берегах различных генетических типов

Генетический тип берега	Степень трансформации процессов; число участков / (%)			
	малая	средняя	высокая	всего
Неизмененные и слабо измененные морем	17 / (19)	–	2 / (2)	19 / (21)
Абразионные (активные и отмершие)	–	1 / (1)	3 / (3)	4 / (4)
Термоабразионные и термоденудационные	6 / (7)	1 / (1)	3 / (3)	10 / (11)
Абразионно-аккумулятивные	2 / (2)	–	–	2 / (2)
Аккумулятивные пляжевые и лагунные	30 / (34)	16 / (18)	8 / (9)	54 / (61)
Всего	55 / (62)	18 / (20)	16 / (18)	89 / (100)

ных, склоновых и эоловых процессов и провоцирует отступление берега и затопление прибрежных территорий. При этом наиболее уязвимы аккумулятивные (пляжевые и лагунные) и термоабразионные берега;

– на 55 участках воздействия (62%) антропогенные изменения рельефа и рельефообразующих

процессов береговой зоны незначительны; на 18 (20%) привели к активизации процессов разрушения берега на расстоянии до одного километра от источника; на 16 участках (18%) рельеф береговой зоны сильно изменен, а изменения рельефообразующих процессов прослеживаются на расстоянии 1–12 км от участка воздействия.

Благодарности. Сбор, обработка и интерпретация информации о хозяйственном освоении и антропогенной трансформации береговой зоны Российской Арктики выполнены при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-05-60200; сбор и обработка сведений о генетических типах берегов выполнены в рамках темы госзадания № АААА-А16-11632810089-5 «Эволюция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Айбулатов Н.А., Артюхин Ю.В. Геоэкология шельфа и берегов Мирового океана. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 304 с.

Арз Ф.Э. Термоабразия морских берегов. М.: Наука, 1980. 159 с.

Берега / П.А. Каплин, О.К. Леонтьев, С.А. Лукьянова, Л.Г. Никифоров. М.: Мысль, 1991. 479 с.

Бредихин А.В., Еременко Е.А., Харченко С.В., Беляев Ю.Р., Романенко Ф.А., Болысов С.И., Фузеина Ю.Н. Районирование Российской Арктики по типам антропогенного освоения и сопутствующей трансформации рельефа на основе кластерного анализа // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2020. № 1. С. 42–56.

Бровко П.Ф., Малюгин А.В. Техногенная трансформация берегов Японского моря // Ойкумена. Регионоведческие исследования. 2015. № 3(34). С. 7–14.

Ермолов А.А., Прядилин Р.Ю. Особенности производственного мониторинга геологических и литодинамических процессов на участке строительства перехода магистральных газопроводов через Байдарацкую губу Карского моря // Инженерные изыскания. 2013. № 10–11. С. 88–91.

Жиндарев Л.А. Антропогенный морфогенез в прибрежной зоне моря // Антропогенная геоморфология. Москва-Киев: Медиа-ПРЕСС, 2013. С. 149–160.

Камалов А.М., Огородов С.А., Бирюков В.Ю., Совершаева Г.Д., Цвечинский А.С., Архипов В.В., Белова Н.Г., Носков А.И., Соломатин В.И. Морфолитодинамика берегов и дна Байдарацкой губы на трассе перехода магистральными газопроводами // Криосфера Земли. 2006. № 3. С. 3–14.

Лукьянова С.А., Сафьянов Г.А., Соловьева Г.Д. Морфодинамические типы берегов Российской Арктики и риск природопользования // Геоэкологическое состояние арктических побережий России и безопасность природопользования. М.: ГЕОС, 2007. С. 480–501.

Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д. Абразия морских берегов России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2009. № 4. С. 40–44.

Национальный атлас Арктики. Раздел 8. Берега морей / Ред. Н.С. Касимов. М.: Роскартография, 2017. С. 222–237.

Розанов Л.Л. Теоретические основы геотехноморфологии. М.: ИГ АН СССР, 1990. 189 с.

Романенко Ф.А. История природопользования // Геоэкологическое состояние арктических побережий России и безопасность природопользования. М.: ГЕОС, 2007а. С. 98–112.

Романенко Ф.А. Современные региональные особенности природопользования // Геоэкологическое состояние арктических побережий России и безопасность природопользования. М.: ГЕОС, 2007б. С. 112–123.

Романенко Ф.А. Воздействие человека на рельеф Арктики: прошлое, настоящее, будущее // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике. Всероссийская конференция «VII Щукинские чтения». Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, 18–21 мая 2015 г.: Материалы конференции. М.: МАКС Пресс, 2015. С. 344–347.

Сафьянов Г.А., Репкина Т.Ю. Динамика берегов Унской губы (Летний берег Белого моря) // Геоморфология. 2013. № 1. С. 82–89.

Lantuit H., Overduin P., Couture N. et al. The Arctic coastal dynamics database: A new classification scheme and statistics on Arctic permafrost coastlines. *Estuaries & Coasts*, 2012, vol. 35, no. 2, p. 383–400. DOI: 10.1007/s12237-010-9362-6.

Ogorodov S.A., Baranskaya A.V., Belova N.G., Kamalov A.M., Kuznetsov D.E., Overduin P.P., Shabanova N.N., Vergun A.P. 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. DOI: 10.15356/2071-9388_03v09_2016_04.

Novikova A., Belova N., Baranskaya A., Aleksyutina D., Maslakov A., Zelenin E., Shabanova N., Ogorodov S. Dynamics of permafrost coasts of Baydaratskaya Bay (Kara Sea) based on multi-temporal remote sensing data. *Remote Sensing*, 2018, vol. 10, no. 1481. DOI: 10.3390/rs10091481.

Shabanova N., Ogorodov S., Shabanov P., Baranskaya A. Hydrometeorological forcing of western Russian arctic coastal dynamics: XX-century history and current state. *Geography, Environment, Sustainability*, 2018, vol. 11, no. 1, p. 113–129. DOI: 10.24057/2071-9388-2018-11-1-113-129.

Электронный ресурс

Цифровая географическая основа территории России масштаба 1:15 000 000. URL: <https://vsegei.ru/ru/info/topo/> (дата обращения 02.12.2019).

Поступила в редакцию 11.05.2020

После доработки 20.06.2020

Принята к публикации 06.08.2020

T.Yu. Repkina¹, N.N. Lugovoy², F.A. Romanenko³, S.A. Lukyanova⁴SEA COASTS OF THE RUSSIAN ARCTIC:
TYPES AND CHRONOLOGY OF HUMAN-INDUCED CHANGES

Anthropogenic changes in the coastal zone of the Russian Arctic seas are overviewed for the first time. Maps of the anthropogenic transformation of relief and relief-forming processes (scale 1:15 000 000) and corresponding databases have been compiled using the interpreted data from satellite images and literature sources. Six stages of the coast development have been identified, i.e. Pre-revolutionary (including 2 sub-stages: before the 18th century and from the 18th century till 1918), Komseveroput' (1919–1932), Glavsevmorput' (1933–1963), Departmental (1964–1991), Changes of economic structure (1992–1998) and Neocapitalist (1999 – present) with pre-sanctional (1999–2014) and sanctional (after 2014) sub-stages. For each of them specific types of the anthropogenic impact on the coastal zone were determined. During all stages, except that of 1992–1998, the load on the coasts increased, and the anthropogenic changes accumulated. After deloading the coasts relaxation occurred just in places without engineering structures in the coastal zone. However, the anthropogenic changes of the Russian Arctic coasts are still of local character. We identified 89 sites of anthropogenic impact with a total length of about 1% of the total coastline of the Russian Arctic seas. At 56% of them Transformation of relief and relief-forming processes result from the construction of industrial, military and transport facilities in the coastal zone (56%), and operation of facilities located outside (44%). Changes of the coastal relief are insignificant and local for 62% of the sites; 20% of the sites undergo the increasing denudation relief-forming processes (coastal, cryogenic, slope, and aeolian) at a distance of up to 1 km from the source of impact. Transformation of relief-forming processes caused rapid coastal retreat and/or flooding of coastal areas for 18% of the sites; the changes spread to 1–12 km from the source of impact. The most profound changes in the coastal zone result from the construction of port facilities and pipeline crossings; accumulative (beach and lagoon) and thermoabrasion coasts are particularly vulnerable to human impact.

Key words: sea coasts, anthropogenic impact, geomorphological processes

Acknowledgements. Information on the economic development and anthropogenic transformation of the coastal zone of the Russian Arctic was collected, processed and interpreted with financial support of the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-05-60200). Information on the genetic types of coasts was collected and processed under the state task AAAA-A16-116032810089-5 «Evolution of the natural environment, the dynamics of relief and the geomorphological safety of nature management».

REFERENCES

- Ajbulatov N.A., Artjuhin Ju.V. *Geojekologija shel'fa i beregov Mirovogo okeana* [Geocology of the shelf and coasts of the World Ocean]. StPetersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1993, 304 p. (In Russian)
- Are F.E. *Termoabrazija morskikh beregov* [Thermoabrasion of sea coasts]. Moscow, Nauka Publ., 1980, 159 p. (In Russian)
- Berega [Sea Coasts] / P.A. Kaplin, O.K. Leont'ev, S.A. Luk'janova, L.G. Nikiforov. Moscow, Mysl' Publ., 1991, 479 p. (in Russian)
- Bredikhin A.V., Eremenko E.A., Harchenko S.V. et al. Rajonirovanie Rossijskoj Arktiki po tipam antropogennogo osvoenija i sopushtvujushhej transformacii rel'efa na osnove klasternogo analiza [Regionalization of the Russian Arctic according to the types of anthropogenic development and associated relief transformation by applying the cluster analysis]. *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2020, no. 1, p. 42–56.
- Brovko P.F., Malyugin A.V. *Tehnogennaja transformacija beregov Japonskogo morja* [Technogenic transformation of the Sea of Japan coasts]. *Ojkumena. Regionovedcheskie issledovanija*, 2015, no. 3(34), p. 7–14.
- Ermolov A.A., Pryadilin R.Ju. Osobennosti proizvodstvennogo monitoringa geologicheskikh i litodinamicheskikh processov na uchastke stroitel'stva perehoda gazoprovodov cherez Bajdarackuju gubu Karskogo morja [Features of production monitoring of geological processes and bottom relief dynamics in the area of main gas pipelines crossing across the Baydarata Bay of the Kara Sea]. *Inzhenernye izyskanija*, 2013, no 10–11, p. 88–91. (In Russian)
- Kamalov A.M., Ogorodov S.A., Birjukov V.Ju. et al. Morfolitodinamika beregov i dna Bajdarackoj guby na trasse perehoda magistral'nymi gazoprovodami [Coastal and seabed morpholithodynamics of the Baydaratskaya Bay at the route of gas pipeline crossing]. *Kriosfera Zemli*, 2006, no. 3, p. 3–14. (In Russian)
- Lantuit H., Overduin P., Couture N. et al. The Arctic coastal dynamics database: A new classification scheme and statistics on Arctic permafrost coastlines *Estuaries & Coasts*, 2012, vol. 35, no. 2, p. 383–400.
- Lantuit H., Overduin P., Couture N. et al. The Arctic coastal dynamics database: A new classification scheme and statistics on

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: t-repkina@ya.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Scientific Researcher; e-mail: lugovoy-n@ya.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: faromanenko@mail.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography

Arctic permafrost coastlines. *Estuaries & Coasts*, 2012, vol. 35, no. 2, p. 383–400.

Luk'janova S.A., Saf'janov G.A., Solov'eva G.D. [Morphodynamic types of the Russian Arctic coasts and the risk of environmental management]. *Geoekologicheskoe sostojanie arkticheskikh poberezhij Rossii i bezopasnost' prirodopol'zovanija* [Geoecological state of the Arctic coasts of Russia and safe nature management]. Moscow, GEOS Publ., 2007, p. 480–501. (In Russian)

Luk'janova S.A., Solov'eva G.D. Abrazija morskikh beregov Rossii [Abrasion of sea coasts in Russia]. *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2009, no. 4, p. 40–44. (In Russian)

Nacional'nyj atlas Arktiki. Razdel 8. Berega morej [National Atlas of the Arctic. Section 8. The Sea Coasts]. red. N.S. Kasimov. Moscow, Roskartografija Publ., 2017, s. 222–237. (In Russian)

Novikova A., Belova N., Baranskaya A. et al. Dynamics of permafrost coasts of the Baydaratskaya Bay (the Kara Sea) based on multi-temporal remote sensing data. *Remote Sensing*, 2018, vol. 10, no. 1481.

Ogorodov S.A., Baranskaya A.V., Belova N.G. 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.

Romanenko F.A. [History of environmental management]. *Geoekologicheskoe sostojanie arkticheskikh poberezhij Rossii i bezopasnost' prirodopol'zovanija* [Geoecological state of the Arctic coasts of Russia and safe nature management]. Moscow, GEOS Publ., 2007, p. 98–112. (In Russian)

Romanenko F.A. [Actual regional features of environmental management]. *Geoekologicheskoe sostojanie arkticheskikh*

poberezhij Rossii i bezopasnost' prirodopol'zovanija [Geoecological state of the Arctic coasts of Russia and safe nature management]. Moscow, GEOS Publ., 2007, p. 112–123. (In Russian)

Romanenko F.A. [Human impact on the relief of the Arctic: past, present, future] *Geomorphological resources and geomorphological safety: from theory to practice*. VII Schukin Conference: Moscow, Moscow University, May 18–21, 2015: Extended abstracts. Moscow, MAKS Press, 2015, p. 344–347. (In Russian)

Rozanov L.L. Teoreticheskie osnovy geotekhnomorfologii [Theoretical Foundations of Geotechnomorphology]. Moscow, Institut geografii RAS Publ., 1990, 189 p. (In Russian)

Saf'janov G.A., Repkina T.Ju. Dinamika beregov Unskoj Guby (Letniy bereg Belogo morja) [Coastal dynamics of the Unskaya Guba Bay (Summer coast of the White Sea)]. *Geomorfologija*, 2013, no. 1, p. 82–89. (in Russian)

Shabanova N., Ogorodov S., Shabanov P., Baranskaya A. Hydrometeorological forcing of western russian arctic coastal dynamics: XX-century history and current state. *Geography, Environment, Sustainability*, 2018, vol. 11, no. 1, p. 113–129.

Zhindarev L.A. [Anthropogenic morphogenesis in the coastal zone of the sea] *Antropogennaja geomorfologija* [Anthropogenic geomorphology]. Moskva–Kiev, Media-PRESS, 2013, p. 149–160. (In Russian)

Web source

Digital geographical basis of the territory of Russia at the scale of 1:15 000 000, URL: <https://vsegei.ru/ru/info/topo/> (accessed December 2, 2019).

Received 11.05.2020

Revised 20.06.2020

Accepted 06.08.2020