



ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПОСЕЛЕНИЙ КОРЕННЫХ НАРОДОВ ВОСТОЧНОЙ ЧУКОТКИ

ENGINEERING PERMAFROST PROBLEMS OF THE EASTERN CHUKOTKA AREAS OF INDIGENOUS PEOPLE'S SETTLEMENTS

КРАЕВ Г.Н.

Научный сотрудник Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, к.г.н., г. Москва, kraevg@gmail.com

МАСЛАКОВ А.А.

Студент кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, alekseymaslakov@yandex.ru

ГРЕБЕНЕЦ В.И.

Заместитель заведующего кафедрой криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, к.г.-м.н., доцент, г. Москва, vgreb@inbox.ru

КАЛЯНТО Н.Л.

Руководитель отдела архитектуры, промышленности и ТЭК управления сельского хозяйства, архитектуры, промышленности и ТЭК Администрации Чукотского муниципального района, с. Лаврентия, chukotraj@anadyr.ru

KRAEV G.N.

A researcher of the Centre on problems of ecology and productivity of forests of the RAS, candidate of geological sciences, Moscow, kraevg@gmail.com

MASLAKOV A.A.

A student of the cryolithology and glaciology department of the geography faculty of Lomonosov Moscow State University, Moscow, alekseymaslakov@yandex.ru

GREBENETS V.I.

Deputy head of the cryolithology and glaciology department of the geography faculty of Lomonosov Moscow State University, Moscow, vgreb@inbox.ru

KALYANTO N.L.

The manager of the sector of architecture, industry and fuel-energy complex of the department of agriculture, architecture, industry and fuel-energy complex of the Administration of the Chukotka Municipal District, Lavrentiya, chukotraj@anadyr.ru

Аннотация

Поселения коренных народов составляют более половины населенных пунктов Чукотки и других районов Арктики. Хотя в них преобладают объекты малоэтажной застройки, в силу ряда причин там происходит отепление многолетнемерзлых грунтов и возникают деформации. Международные организации, ассоциации коренных народов, органы федерального и местного управления уделяют этому слишком мало внимания, несмотря на то что на данном этапе большинство подобных негативных процессов еще можно предотвратить. Необходимо задуматься и о долгосрочной политике в отношении прибрежных поселений криолитозоны, в т.ч. об усовершенствовании существующих нормативных актов по строительству и эксплуатации зданий и сооружений с учетом тенденций в изменениях климата и уровня моря, повышающих геотехнические риски. Эти вопросы рассматриваются в данной статье в основном на примере восточно-чукотского прибрежного села Лорино.

Abstract

Indigenous North people's settlements represent more than half of the centers of population in Chukotka and other areas of the Arctic. Although low-rise buildings dominate there, defrosting and deformations of the permafrost soils take place because of a number of causes. International organizations, indigenous people's associations, federal and local government agencies pay too little attention to these problems though now most of such sort of negative processes are possible to be prevented. It is also necessary to think about the long-term policy concerning the coastal settlements in the permafrost zone including improving the current regulations for constructing and operating the buildings and structures taking into consideration the trends of the climate and sea level changes increasing the geotechnical risks. These issues are mainly considered in the article by the example of the coastal settlement of Lorino in the East Chukotka.

Ключевые слова:

Чукотка; поселения коренных народов Севера; природные опасности; геотехнические риски; изменение климата; антропогенные воздействия; геокриологическое строение; вечная мерзлота; отепление; деформации; повышение уровня моря; береговая динамика; термоабразия; термоэрозия.

Key words:

Chukotka; indigenous North people's settlements; natural hazards; geotechnical risks; climate change; anthropogenic influence; geocryological structure; permafrost; defrosting; deformations; sea level rise; coastal dynamics; thermal abrasion; thermal erosion.

Введение

Поселения Чукотского автономного округа (ЧАО) начали делить на две категории начиная с середины XX в. (времени становления горнорудной отрасли на этой территории) по принципу преобладания в них либо коренного населения, либо мигрантов. Сейчас небольшие поселения, в которых преобладают коренные малочисленные народы, составляют в ЧАО более 60% от всех муниципальных образований. При этом общая численность жителей в них составляет более 30% от населения всего округа [17].

Проблемы коренных малочисленных народов Севера, связанные с изменениями климатических условий, в настоящее время исследуются [21] и широко обсуждаются на мировом уровне [20]. В целях обеспечения соблюдения их прав в России действует ассоциация [1], связанная с ООН. Реализуются международные программы, способствующие адаптации северных коренных народов к изменениям природной среды, однако ухудшению инженерно-мерзлотных условий на застроенных территориях уделяется недостаточно внимания.



Устойчивость геотехнической среды в криолитозоне (т.е. стабильная и безаварийная эксплуатация зданий и сооружений в течение предусмотренного проектными решениями срока) определяется геокриологическими и климатическими условиями, технологиями строительства, соблюдением требований эксплуатации сооружений [5]. Следует отметить, что современные национальные строительные стандарты [12] для криолитозоны не учитывают динамичности природной обстановки, в т.ч. ухудшения мерзлотных условий при климатических изменениях и активных деструктивных процессах.

В настоящее время инженерно-геокриологические риски в поселениях коренных народов ЧАО существенно повысились. На многих низменных и предгорных территориях Восточной Чукотки широко развиты мощные пластовые (и фрагментарно-повторно-жильные) подземные льды [4, 8, 13], что представляет большую опасность, например, для устойчивости проектируемого нефтепровода к югу от Анадыря. Это связано не только с ухудшением социально-экономической ситуации, уменьшением финансирования ремонтно-строительных работ и деятельности жилищно-коммунальных служб и соответствующим износом зданий и сооружений в ЧАО (рис. 1). Дают о себе знать также повышение среднегодовой температуры воздуха на 0,01–0,02 °C/год в течение примерно последних 50 лет [10] и подъем уровня моря в течение последнего столетия (со скоростью 1,85 мм/год в Северном Ледовитом океане [23] и до 3 мм/год в Беринговом море [19]).

Цель данной статьи — обратить внимание экспертов на природно-антропогенные процессы, в результате которых повышается температура грунтов в криолитозоне (что приводит к снижению несущей способности вечномерзлых оснований), а также активизируются процессы термоабразии, термоэрозии и термокарста, постепенно уничтожающие литогенную основу территорий, на которых расположены поселения, и снижающие надежность эксплуатируемых зданий и сооружений.

В условиях рыночной экономики принятие решений об использовании мер по стабилизации геотехнической обстановки в поселениях или о расселении их жителей в другие места базируется на анализе затрат на то или иное мероприятие, на возможностях реализации того или иного инженерно-геокриологического способа борьбы с опасными криогенными процессами.

Прогноз развития инженерно-геокриологической ситуации, связанной с негативными изменениями многолетнемерзлых пород в зонах их освоения (прежде всего с активизацией термоэрозии, термоденудации и термоабразии) при потеплении климата в высоких широтах Северного полушария, подъеме уровня мирового океана, а также усилении антропогенного «пресса», позволяет выделить ведущие факторы этих процессов и предложить мероприятия по стабилизации состояния и повышению параметров надежности геотехнической среды. Для того чтобы своевременно подготовить такой прогноз, необходим геотехнический и инженерно-геокриологический мониторинг (хотя бы на уровне района).

При отсутствии мониторинга авторами настоящей статьи была проведена независимая экспертиза ситуа-

ции в отдельно взятом поселении на территории Восточной Чукотки с целью найти ответ на вопрос: готовиться к расселению жителей этого населенного пункта или укреплять грунты основания?

Район исследования

Оценка инженерно-геокриологической ситуации проводилась для самого крупного этнического поселения ЧАО — села Лорино Чукотского района (65°30' с.ш., 166°10' з.д.), расположенного в 650 км к северо-востоку от г. Анадыря на берегу Мечигменского залива Берингова моря (рис. 2). Среднегодовая температура здесь составляет минус 8,2°С, годовое количество осадков — 386 мм (по данным метеостанции Лаврентия, расположенной в 40 км восточнее). Первые упоминания о данном поселении в литературных источниках относятся к XVIII в., однако в культурном слое верхней части обрыва на территории села были обнаружены свидетельства культуры каменного века [3].

Грунты основания данного поселения представляют собой среднелейстоценовый комплекс морских песков с прослоями галечников и супесей, местами сильнольдистых. Также распространены сильнольдистые озерно-болотные супеси верхнего неоплейстоцена. Встречаются крупные (более 2 м) ледяные включения. Температура многолетнемерзлых пород составляет примерно минус 4°С [11]. Естественно, что столь сложные и достаточно мозаично-изменяемые по глубине и по простиранию (в силу ландшафтной структуры) мерзлотные условия требовали правильного подхода при застройке данной территории, чего сделано не было.

Рост численности населения здесь происходил в 1920–1970-х гг. Плановая застройка началась в 1940-х гг. На сегодняшний день в с. Лорино проживает более 1400 человек. Большинство из них являются представителями коренных народов Чукотки, занятых морским зверобойным промыслом (рис. 3). Здания здесь деревянные или каменные, до трех этажей, без холодных подпольев, на ленточных или столбчатых (заложенных на глубину до 2–4 м) фундаментах.



Рис. 1. Состояние с. Лорино — одного из самых крупных поселений коренных народов Чукотки (фото П.Ю. Горбунова)



Рис. 2. С. Лорино постепенно теряет свою территорию (фото Г.М. Зеленского)

Методы и материалы исследований

Для определения состояния литотехнических систем на территории с. Лорино были исследованы геокриологические условия, оценены причины деформаций зданий и сооружений, определены риски развития опасных криогенных процессов. В частности, было проведено исследование динамики процессов термоэрозии и термоабразии.

Среди различных методов изучения динамики отступления берегов традиционным является устройство реперных систем и наблюдение за изменением положения берега относительно них. При отсутствии подобного мониторинга изучение береговой динамики опирается на анализ данных дистанционного зондирования. Еще одним, реже привлекаемым источником сведений о состоянии геотехнической среды являются инженерно-геодезические и инженерно-геологические данные, сбор которых осуществляется (по существующему законодательству) перед очередным этапом застройки.

Анализ состояния геоморфологической и геокриологической обстановки на территории поселения можно провести с помощью отчетов по изысканиям, выполненным ранее. Оценка геотехнических рисков была осуществлена путем картометрического анализа. Необходимые картографические материалы топографических съемок масштабов 1:2000 [7] и 1:500 [16] входили в состав отчетов по инженерно-геодезическим изысканиям за период с 1967 по 1992 г. Растровые



Рис. 3. Добытый кит принадлежит всем жителям с. Лорино (фото Г.М. Зеленского)

фрагменты отсканированных карт за этот период были привязаны к опорным точкам и оцифрованы с применением программного пакета MapInfo 9.5.1.69 (Pitney Bowes Software Inc., США) в условной системе координат. Для каждой карты были разработаны отдельные слои, отражающие эрозионную сеть, и ситуационный план. По каждому рабочему набору (за 1992 и 1967 гг.) определялось положение берегового уступа и эрозионной сети. Привязка к системе координат оцифрованной карты 1992 г. осуществлялась по установленным координатам нанесенных на нее реперов. Привязка слоев карты 1967 г. к карте 1992 г. осуществлялась по сохранившимся элементам застройки.

Результаты и обсуждение

Административные, жилищные и инфраструктурные объекты малоэтажной застройки с. Лорино оказывают незначительные статические или динамические нагрузки на вечномерзлое основание. Деформации объектов (наклоны стен, дверных и оконных проемов) были отмечены в изыскательских отчетах ранее [11, 14], однако в июле 2010 г. деформированных объектов было обнаружено немного, поскольку многие деформированные постройки к этому времени уже были снесены, а новые объекты застройки XXI в. пока еще не подверглись видимым деформациям. Впрочем, в новых постройках отмечаются частичные нарушения цокольных забирок (ограждений) холодных проветриваемых подполий, отсутствуют системы против развития боковой эрозии и боковых напряжений, действующих на фундаменты.

Отсутствие систем водоотвода (паводковых, дождевых и сточных вод), несомненно, сыграло большую роль в активизации термоэрозии на территории, сложенной сильнольдистыми грунтами. Изменение эрозионной сети в с. Лорино в период с 1967 по 1992 г. показано на рис. 4. Эрозионная расчлененность рельефа заметно увеличилась. Ложбина в юго-западной части поселка углубилась с 12–13 до 17–18 м, ее борта стали более крутыми, местами обрывистыми, в ее устье образовался овраг. Вдоль западной окраины поселка протянулся обрыв, подножье которого обводнено и замусорено. Свалка мусора также играет негативную роль в ухудшении мерзлотных условий (из-за тепловыделения от реакций гниения и окисления, изменения альбедо поверхности и др.). Повышение температуры вечной мерзлоты снижает ее прочностные характеристики.



Изменение мерзлотных условий в с. Лорино и в других национальных поселениях Чукотки связано не только с изменением климата, но и с антропогенными воздействиями — наличием тепловыделяющих зданий на «лежаках» (поверхностных опорах), открытых незастроенных пространств между ними, свалок мусора и пр. Эти воздействия, в свою очередь, зависят от площади, на которой они осуществляются, их длительности, температуры в месте контакта.

Северные и восточные части поселения застраивались позднее. В 1967 г. там были только пологие склоны без следов эрозии. Но в 1992 г. данная территория уже была «оконтурена» с севера сетью эрозионных обрывов и уступов. Восточная часть с. Лорино — территория зверофермы — также претерпела негативное воздействие эрозионных процессов. Рост оврага, зафиксированного на карте 1967 г. в юго-восточной части села, был остановлен техногенной подсыпкой в вершинном перепаде, однако ввиду активных склоновых процессов по бортам он стал в 3–4 раза шире. В период таяния в овраг по откосам поступают талые воды. С правой его стороны увеличилась крутизна склона, на котором располагаются жилые дома.

Самые восточные части с. Лорино (восточнее зверофермы, включая ледник и разделочную площадку) стали сильно расчлененными линейной и береговой эрозией. Местами наблюдаются оползневые процессы. За 25 лет береговой уступ Мечигменского залива отступил в среднем на 12 м (в юго-западной части — на 10–16 м, в северо-восточной — на 2–45 м). Из-за разрушения берегов площадь суши вокруг поселения и в нем самом за эти 25 лет сократилась на 2,5% (на 10 000 м²). 9% (35 000 м²) его территории стали непригодными для эксплуатации из-за линейной эрозии (рис. 5).

Средняя температура многолетнемерзлых пород на территории села, измеренная в скважинах на глубине 11–15 м, с 1979 г. (по данным 13 скважин) по 1989 г. (по данным 8 скважин) увеличилась с минус 4,3 до минус 3,9°C [15, 14].

Ситуация в с. Лорино типична для многих населенных пунктов восточного сектора Арктики, расположенных на берегах морей, озер и рек [19]. Максимальные разрушения берегов при развитии термоабразии наблюдаются в местах распространения дисперсных сильнольдистых грунтов, которыми, как показывает рис. 6, сложены территории северных и восточных районов Чукотки [2]. На многих прилегающих к морю участках суши — под лагунами, устьями рек, на Ванкаремской и Валькарайской низменностях, на Певекском полуострове — криогенные толщи не только имеют весьма сложное строение (с горизонтами криопэгов), но и отличаются высокой льдистостью верхних горизонтов, попадающих в зону инженерного воздействия.

За один год Россия за счет отступления берегов теряет до 50 км² суши [9]. Наиболее интенсивно деструктивные криогенные процессы протекают по берегам морей восточного сектора российской Арктики. Около одной трети общей протяженности (15 000 км) береговой линии морей этого региона занимают береговые уступы, сложенные породами (в т.ч. плейстоценового ле-



Рис. 4. Развитие эрозионной сети и отступление берега в с. Лорино за 25 лет



Рис. 5. Разрушение земельного фонда в с. Лорино в результате действия эрозионных процессов 1967–1992 гг.

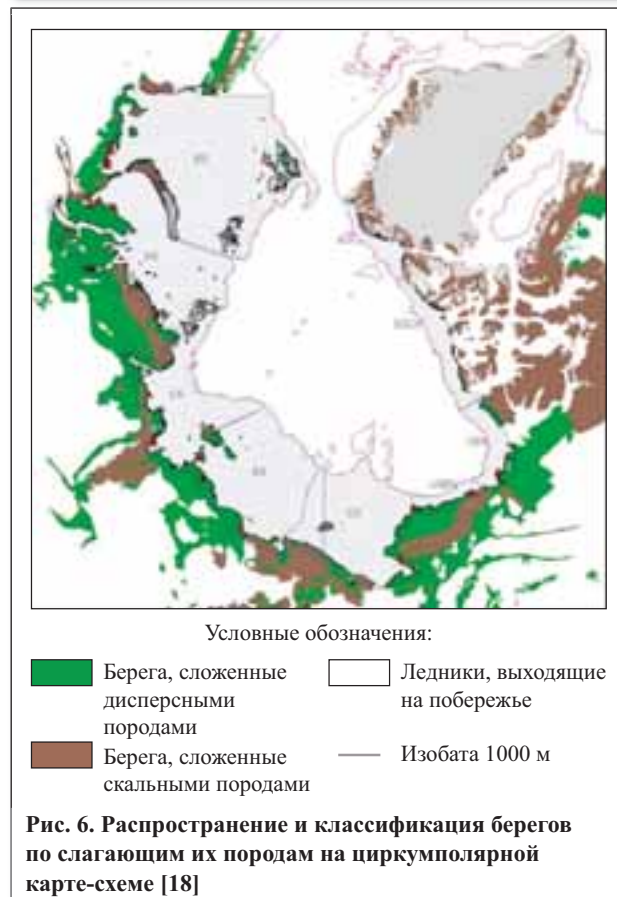


Рис. 6. Распространение и классификация берегов по слагающим их породам на циркумполярной карте-схеме [18]



Рис. 7. Смещающийся береговой уступ в с. Лорино (фото Г.М. Зеленского)

дового комплекса), весьма неустойчивыми к воздействию моря и климатическим колебаниям.

Наиболее сильно термоабразия воздействует на берега, сложенные ледовым комплексом, не только за счет высокой льдистости отложений (суммарная льдистость i_{tot} достигает 0,6) и наличия жильных льдов, но и за счет большого содержания пелитовой и глинистой фракций, которые размываются быстрее всего. В свою очередь, участки побережья, сложенные лагунно-морскими и таберальными отложениями, в которых высоко содержание песков, размываются заметно медленнее. Средняя многолетняя скорость отступления берегов моря Лаптевых составляет 3,8 м/год, Восточно-Сибирского моря — 3,4 м/год, Чукотского моря — приблизительно 2 м/год [6].

Проблема обеспечения геотехнической стабильности и мерзлотно-экологической устойчивости является острой не только для Восточной Сибири. Схожая ситуация наблюдается, например, и в канадском инуитском пос. Туктояктук [25]. Анализ ситуации в этом поселке в 1972 г. обусловил решение уложить в море вдоль наиболее быстро отступающих участков береговой линии гибкие трубы диаметром 1 м, наполненные песком и гравием, для гашения энергии волн. Кроме того, такие трубы были проложены и на самом берегу для изоляции «голой» мерзлоты от теплового воздействия со стороны атмосферы. Стоимость этих работ составила 500 долларов (по курсу 1976 г.) в расчете на 1 м [24]. В результате разрушение берега замедлилось, однако вандализм и сильный шторм 1981 г. почти полностью разрушили упомянутые защитные конструкции.

Исследования, проведенные в пос. Туктояктук в 1985 г., привели к выводу о необходимости установки мощных волнорезов, однако эта идея была отвергнута ввиду высокой стоимости таких работ. Тогда в 1987 г. на берегу были установлены мешки, наполненные песком с прибрежного мелководья. В течение 6 лет эта защита эффективно удерживала береговую линию от отступления. Каждое лето проводилась замена утерянных или порванных мешков, но этого в итоге оказалось недостаточно, т.к. в 1993 г. мощный шторм разрушил больше половины данных укреплений. Берега снова стали отступать, пришлось даже демонтировать часть зданий (в т.ч. школу). В 1997 г. для гашения си-

лы волн в прибрежное мелководье было опущено 1000 м³ известняковых глыб диаметром 0,5–1,5 м. Кроме того, в 1998 г. местная нефтяная компания передала поселку 40 бетонных плит площадью по 25 м² и толщиной по 0,5 м, которые были установлены на самых проблемных участках берега с заглублением в грунт и техногенную подсыпку на 0,6 м. С тех пор проводилось лишь несколько подсыпок вдоль берега для предотвращения разрушения более стабильных участков. Таким образом, отступление береговой линии удалось приостановить, однако стоимость работ в статье [25] не была указана.

Серьезные проблемы с разрушением льдистых берегов имеются и в других регионах криолитозоны. Создание мощных железобетонных причальных стенок (как, например, в г. Дудинке на Енисее), обеспечивающих достаточно надежную защиту от овражной и береговой эрозии, не всегда рационально с технико-экономических позиций. При этом оно может не обеспечить необходимого эффекта при сильной льдистости грунтов основания. В то же время ряд мероприятий (использование современных георешеток для укрепления склонов, применение теплоизоляционных материалов, улучшение эксплуатации объектов, благоустройство окружающих их территорий, укрепление мерзлоты с помощью искусственного охлаждения, грамотная разработка архитектурно-планировочных решений и др.) может существенно ослабить, а возможно, и подавить воздействие термоэрозионных процессов, хотя это и требует определенных затрат. Тем не менее эффективные методы защиты морских льдистых берегов Арктики от термоабразии до настоящего времени не разработаны.

Заключение

Деграция мерзлоты в с. Лорино на морском побережье Восточной Чукотки и ее последствия в виде повышения геотехнических рисков налицо: это скорость разрушения берега около 2,5 м/год в 1970–1990-х гг. и повышение температуры моголетнемерзлых пород на 0,04 °С/год начиная с 1980-х гг. И эти тенденции вряд ли изменятся [11, 19]. Более того, с учетом потепления, отмечаемого с начала 1990-х гг., эти процессы, вероятно, будут только прогрессировать.



Первая линия сооружений с. Лорино, как видно из рис. 7, отстоит от берегового обрыва на 3–7 м. И представляется, что начать сейчас предпринимать превентивные меры менее затратно и более комфортно для жителей, чем позже решать вопрос об их расселении в другие места.

Анализ ситуации, сложившейся в с. Лорино, позволил определить скорость эрозионных процессов и площадь суши, «съеденную» термоденудацией. На основе этих данных можно делать прогнозы состояния поселения на ближайшие десятилетия, однако их следует актуализировать с помощью материалов (в т.ч. космических снимков), полученных за последние два десятилетия. В любом случае с полной уверенностью можно сказать, что территория с. Лорино неуклонно сокращается за счет береговой и овражной эрозии и что потребуются либо укрепительные работы, либо перенос данного населенного пункта в более безопас-

ное с точки зрения инженерно-геокриологических условий место.

Несомненно, что правильная оценка обстановки может послужить не только выработке и принятию своевременных мер по предотвращению катастроф в поселениях Чукотки, но и созданию национальных стандартов по планировке и размещению новых селитебных и промышленных зон в сложных геокриологических условиях. ❖

-
Данная работа была выполнена благодаря НП «Чукотская группа поддержки научных исследований» с привлечением финансирования по программам «Circumpolar Active Layer Monitoring» и «Ведущие научные школы России» (НШ-3271.2011.5). Авторы выражают благодарность Н.А. Королевой за помощь в обработке топографических схем, П.Ю. Горбунову и Г.М. Зеленскому за предоставленные фотографии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ассоциации коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации: [Официальный сайт]. URL: <http://www.raipon.info>.
2. Афанасенко В.Е., Замолотчикова С.А., Тишин М.И., Зуев И.А. Северо-Чукотский район // Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. С. 280–293.
3. Бронштейн М.М., Днепровский К.А., Сухорукова Е.С. Мир арктических зверобоев. Шаги в непознанное. Москва — Анадырь, 2007. 216 с.
4. Гасанов Ш.Ш. Стрoение и история формирования мерзлых пород Восточной Чукотки. М.: Наука, 1969. 168 с.
5. Гребенец В.И. Деформации объектов в криолитозоне при непрогнозируемых изменениях сложных инженерно-геокриологических условий оснований // Инженерная геология. 2007. № 3. С. 17–20.
6. 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. 10. № 4. С. 74–94.
7. Карта-схема планировки и застройки с. Лорино. Масштаб 1:2000. Вологда — Магадан: Росгипрозем, Магаданская землеустроительная экспедиция, 1967 г.
8. Котов А.Н., Рябчун В.К. Криогенный комплекс позднеплейстоценовых отложений долины р. Майн. Т. 4. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1986.
9. Лукьянова С.А., Сафьянов Г.А., Соловьева Г.Д. Некоторые оценки размыва морских берегов России // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 4. С. 389–394.
10. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1: Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 228 с.
11. Проект планировки и застройки села Лорино Чукотского района: Материалы инженерных изысканий. Магадан: Магаданская землеустроительная экспедиция, 1968.
12. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. М.: Госстрой СССР, 1988.
13. Стрелецкая И.Д., Шполянская Н.А., Котов А.Н. Развитие морских берегов Восточного сектора Российской Арктики в четвертичный период // Криосфера Земли. 2004. Т. 8. № 2. С. 53–63.
14. Технический отчет по инженерно-строительным изысканиям. Объект: жилые дома в с. Лорино. Анадырь: Чукотское отделение СевВостТИСИЗ, 1989.
15. Технический отчет по инженерно-строительным изысканиям. Объект: корректировка проекта планировки и застройки с. Лорино — центральной усадьбы совхоза им. Ленина Чукотского района. Анадырь: Чукотский комплексный отдел СевВостТИСИЗ, 1979.
16. Топографическая съемка с. Лорино. Масштаб 1:500. Анадырь: ЧукотТИСИЗ, 1992.
17. Численность населения России по городам, поселкам городского типа и районам. М.: Росстат, 2010. 208 с.
18. Arctic Coastal Dynamics (ACD) program: Official website. URL: <http://acd.arcticportal.org>.
19. Contribution of Working group I to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.). Cambridge — New York: Cambridge University Press, IPCC. 2007. 996 p.
20. From knowledge to action: IPY 2012 Conference. Montreal, Canada. UR: <http://www.ipy2012montreal.ca>
21. International Arctic Social Science Association (IASSA): Official website. URL: <http://www.iassa.org>.
22. Kraev G. Engineering-geocryological problems of Kolyma lowlands right bank area // Journal of Glaciology and Geocryology. 2004. V. 26. P. 227–230.
23. Proshutinsky A., Ashik I.M., Dvorkin E.N. et al. Secular sea level change in the Russian sector of the Arctic Ocean // Journal of Geophysical Research. 2002. V. 109. C03042. doi: 10.1029/2003JC002007.
24. Shah V.K. Protection of permafrost and ice rich shores // Proceedings of the 3d International Permafrost Conference. Tuktoyaktuk, N.W.T., Canada, 1978, P. 920–931.
25. Solomon S. Tuktoyaktuk erosion risk assessment. Ottawa Canada: Geological Survey of Canada, Earth Sciences Sector of Natural Resources Canada, 2001.