

УДК 930.85:[551.461.2:504.058](261.24)

doi: 10.33933/2713-3001-2021-65-681-693

Влияние повышения уровня Балтийского моря на историко-культурное наследие России

А.А. Павловский, В.И. Шамшури

НИПЦ Генплана Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, pa1@yandex.ru

По существующим прогнозам, к концу XXI в. средний глобальный уровень моря может возрасти от нескольких десятков сантиметров до двух метров и более. Приморские объекты исторического и культурного наследия уязвимы к неблагоприятным последствиям климатических изменений, в том числе к изменению уровня моря. В статье показано, что при повышении уровня моря на метр могут быть затоплены низинные территории Санкт-Петербурга и Калининградской области, относящиеся к всемирному наследию ЮНЕСКО. Количество объектов историко-культурного значения Санкт-Петербурга, подверженных затоплению при нагонных наводнениях, может возрасти до нескольких тысяч. Может быть затоплено около 20 км² территории уникального ландшафта Куршской косы. При развитии глобального потепления будет происходить активизация абразии и размыва берегов, деградация природного и рекреационного потенциала Балтийского побережья в Санкт-Петербурге и Калининградской области.

Ключевые слова: изменение климата, повышение уровня моря, наводнения, историко-культурное наследие.

Influence of Baltic Sea level rise on historic and cultural heritage of Russia

A.A. Pavlovskii, V.I. Shamshurin

State Research and Project Center of St. Petersburg Master Plan, St. Petersburg, Russia

There are a lot of various objects of historical and cultural legacy on the Ocean's coastline, including the Baltic Sea region. According to different climatic forecasts, by the end of the century the mean global sea level may increase from several tens of centimeters to two meters or more, depending on the rate of melting of Greenland and Antarctica glaciers. Seaside objects of historical and cultural heritage are exposed to adverse consequences of climate changes, including sea level rise. This article shows that with one-meter sea level rise the low-lying territories of St. Petersburg and Kaliningrad region, which belong to world cultural heritage of UNESCO, may be flooded. The number of St. Petersburg's historical and cultural objects prone to sea flooding may increase by several thousands (up to 3366 objects). Approximately 20 km² of the territory of the unique landscape of Curonian Spit may be flooded. Sea level rise will lead to abrasion and washout of the Baltic coast, deterioration of its natural and recreational potential.

As a result of the study, the boundaries of a probable flood zone of historical heritage in the Russian part of the Baltic Sea were obtained, as well as a list of historical, cultural and natural monuments prone to flooding was formed. These results can be used in adaptation plans of St. Petersburg and Kaliningrad region to climate changes. Long-term protection of monuments of historical and cultural significance of the Russian Baltic will require the development of engineering measures to protect them from probable sea level rise.

Keywords: climate change, sea level rise, flooding, historical and cultural legacy.

For citation: *A.A. Pavlovskii, V.I. Shamshurin. Influence of Baltic Sea level rise on historic and cultural heritage of Russia. *Gidrometeorologiya i Ekologiya. Journal of Hydrometeorology and Ecology*. 2021, 65: 681—693. [In Russian]. doi: 10.33933/2713-3001-2021-65-681-693*

Введение

Изменения климата могут иметь значительные последствия для социально-экономического и градостроительного развития приморских территорий, в том числе для сохранения их разнообразного историко-культурного и природного наследия при повышении среднего уровня Мирового океана, темпы роста которого имеют тенденции к возрастанию в последние десятилетия [1, 2].

По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), средний глобальный уровень Мирового океана по сравнению с его средним значением за 1995—2014 гг., возрастет к 2100 г. на величину от 28 до 101 см в зависимости от сценария выбросов парниковых газов. К 2150 г. разброс прогностических значений составляет 37—188 см. При этом имеются оценки, что повышение уровня моря может значительно превысить данные значения при условии ускорения таяния ледников Гренландии и Антарктиды и составить до 2 м к 2100 г. и до 5 м к 2150 г. при очень высоких сценариях выбросов парниковых газов. В долгосрочной перспективе глобальный уровень моря будет продолжать подниматься на протяжении столетий и тысячелетий в связи с термическим расширением океанических вод и таянием покровных ледников. В соответствии с модельными оценками если глобальное потепление ограничится повышением средней температуры приземного воздуха на 1,5 °С, то средний уровень Мирового океана возрастет на 2—3 м; при 2,0 °С его рост составит 2—6 м, при 5,0 °С это будет 19—22 м [1].

В связи с тем, что значительное количество объектов культурного наследия находится на побережье Мирового океана, глобальное потепление, сопровождающееся повышением среднего и максимального уровня моря, а также увеличением повторяемости опасных гидрометеорологических явлений, особенно штормовых нагонов, развитием абразии, способно привести к их деградации и даже физическому уничтожению.

Актуально это и для объектов всемирного наследия Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО), в большом количестве расположенных на побережье Балтийского моря, характеризующих историю развития цивилизации в данном регионе Земли [3].

Например, такие объекты ЮНЕСКО, как архипелаг Кваркен и «Высокий берег» (Ботнический залив), отражают палеоклиматическую историю Балтийского региона в плейстоценовую эпоху, для которой было характерным чередование ледниковых периодов и межледниковий. Возникновение уникального природного ландшафта «Высокого берега» обусловлено явлением гляциоизостазии, которое за 9,6 тыс. лет привело к поднятию данной территории примерно на 285 м [3].

Объектами всемирного культурного наследия ЮНЕСКО на Балтийском побережье России являются:

- исторический центр Санкт-Петербурга и связанные с ним группы памятников;
- Куршская коса (Калининградская область);
- геодезическая дуга Струве («Пункт Мякипяллюс» и «Точка Z» на о. Гогланд в Ленинградской области);
- объекты, расположенные в зоне повышения относительного уровня моря [4, 5].

Наиболее масштабным российским объектом культурного наследия ЮНЕСКО является градостроительный ансамбль Санкт-Петербурга, сформированный в основном на островах невской дельты и в пределах приневской низменности, на территории которых находятся тысячи зарегистрированных исторических объектов различного уровня государственной охраны [6].

Приморский природно-культурный ландшафт Куршской косы, расположенный на территории Калининградской области (Россия) и Республики Литвы, на значительных участках также характеризуется низменными отметками рельефа, поэтому уязвим к повышению среднего уровня моря и увеличению частоты штормовых нагонов.

В отличие от объектов капитального строительства и различных сооружений, для защиты объектов историко-культурного значения от затопления практически не применимы градостроительные методы. В ближайшие десятилетия при условии реализации умеренных прогнозов повышения среднего глобального уровня моря защитить их от разрушения возможно будет с помощью инженерно-технических мероприятий. В связи с этим при подготовке региональных планов адаптации приморских исторических поселений к изменениям климата возникает необходимость в составлении реестра объектов историко-культурного значения, подверженных затоплению при росте уровня Мирового океана. Поэтому объектом исследования в настоящей статье является российское побережье Балтийского моря, а предметом исследования — исторические, культурные и природные памятники на побережье агломерации Санкт-Петербурга и Калининградской области. Исходя из этого, цель работы состоит в оценке влияния повышения среднего и максимального уровня моря на сохранность памятников исторического и культурного наследия на низинных территориях Санкт-Петербурга и Калининградской области, где расположены российские объекты всемирного наследия ЮНЕСКО.

Методика исследования

Национальным планом мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.12.2019 № 3183-р, предусмотрена разработка и утверждение специальных документов приспособления субъектов Российской Федерации к последствиям глобального потепления, при обосновании которых, в том числе, должны быть выполнены расчеты экономического ущерба для объектов культуры и мероприятия по их защите. На основе утвержденных региональных планов адаптации к изменению климата предусматривается корректировка

документов и направлений стратегического планирования субъектов Российской Федерации.

Для Санкт-Петербурга важнейшим документом стратегического планирования является Генеральный план города, утвержденный Законом Санкт-Петербурга от 22.12.2005 № 728-99, в котором большое внимание уделяется вопросам разработки мероприятий по сохранению и регенерации объектов исторического и культурного наследия. Для Калининградской области таким документом является схема ее территориального планирования [7]. Эти документы должны быть отрецензированы на основе региональных адаптационных климатических планов.

В Петербургской стратегии сохранения культурного наследия, утвержденной постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 01.11.2005 № 1681, указано, что наиболее значимыми природными характеристиками, влияющими на физическую сохранность исторических памятников, являются повышенная влажность воздуха, частые оттепели, опасные гидрометеорологические явления (морские нагоны, подтопления, ураганные ветры), загрязнение атмосферного воздуха, а также гидрогеологические особенности городских грунтов. При этом прямое климатическое воздействие на объекты культурного наследия будет проявляться через повышение температуры, влажности атмосферного приземного воздуха и количества осадков; возрастание уровня моря; увеличение количества, повторяемости и интенсивности опасных метеорологических и гидрологических явлений; дальнейшее развитие городского «острова тепла». Косвенное воздействие глобального потепления на памятники истории и культуры способно проявиться через ускорение выветривания горных пород. Однако нужно понимать, что количество как прямых, так и косвенных последствий климатических изменений для объектов культурного наследия может быть гораздо большим, чем приведено выше в тексте.

Данные об объектах всемирного наследия ЮНЕСКО, расположенных на морском побережье Балтики, приняты по данным официального сайта этой организации [3]. Информация о местоположении объектов исторического и культурного значения, расположенных на территории Санкт-Петербурга, получена из официального интернет-портала «Геоинформационная система Санкт-Петербурга» [6].

Историческая динамика уровня моря в Восточной части Финского залива и в Балтийском море в районе Калининграда рассматривается по данным из Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане [8]. Информация о рельефе местности в отношении территории Санкт-Петербурга получена по данным топографической съемки масштаба 1:2000 для территории города, доступ к которой имеется у авторов статьи. Для Балтийского побережья в районе Калининграда использовались данные глобальной цифровой модели рельефа ASTER GDEM [9].

Результаты исследований

По данным вековых наблюдений средний уровень Балтийского моря растет со скоростью $1,3 \pm 0,3$ мм/год. Однако в последние десятилетия наблюдается повышение скорости роста уровня моря до 4 мм/год [4; 10; 11].

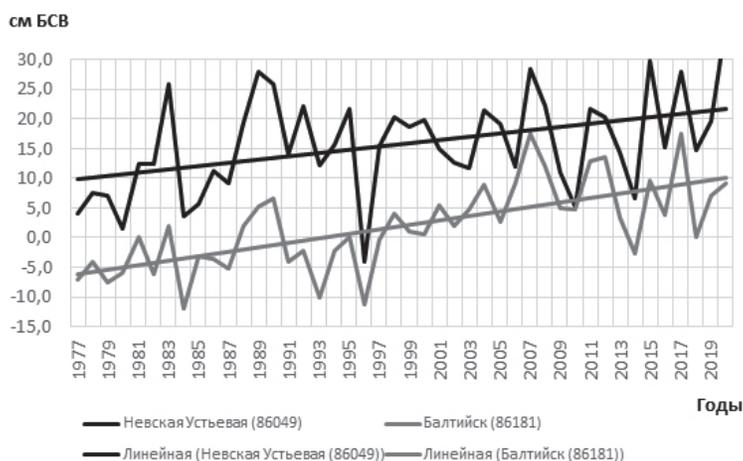


Рис. 1. Изменение среднего уровня Балтийского моря по данным наблюдений на станциях «Невская Устьева» (86049) и «Балтийск» (86181):

черная ломаная линия — данные измерений на станции «Невская Устьева», черная прямая линия — линейный тренд; серая ломаная линия — данные измерений на станции «Балтийск», серая прямая линия — линейный тренд.

Fig. 1. Change in the average level of the Baltic Sea according to observations at the stations «Nevskaya Ust'evaya» (86049) and «Baltijsk» (86181):

black broken line — measurement data at the Nevskaya Ust'evaya station, black straight line — linear trend; gray broken line — measurement data at Baltijsk station, gray straight line — linear trend.

Представленный на рис. 1 межгодовой ход среднегодового уровня моря на гидрометеорологических станциях Невская Устьева (86049) в Невской губе и Балтийск (86181) в открытой части Балтийского моря характеризуется наличием выраженных положительных трендов. Скорость роста среднего уровня моря по данным наблюдений 1977—2020 гг. на Невской Устьевой составляет 2,7 мм/год, в Балтийске — 3,7 мм/год.

К концу столетия уровень Невской губы по разным оценкам может повыситься на величину от нескольких десятков см до 1 м [1, 10, 11, 12].

Повышение среднего уровня моря приводит как к прямому затоплению приморских территорий, так и к увеличению зоны затопления при максимальных уровнях воды (вероятностью раз в сто лет), которая является зоной с особыми условиями использования территории. Согласно имеющимся оценкам, повышение уровня моря может привести к увеличению зоны затопления территории Санкт-Петербурга при морских нагонных наводнениях от 40 км² до 110 км² [5, 13, 14, 15].

В настоящее время зона затопления при максимальном уровне воды для территории Санкт-Петербурга для побережья Невской губы определена на отметке 1,9 м в Балтийской системе высот (БСВ), а для побережья Финского залива она определена по отметке около 3,2 м в БСВ (рис. 2) [13].

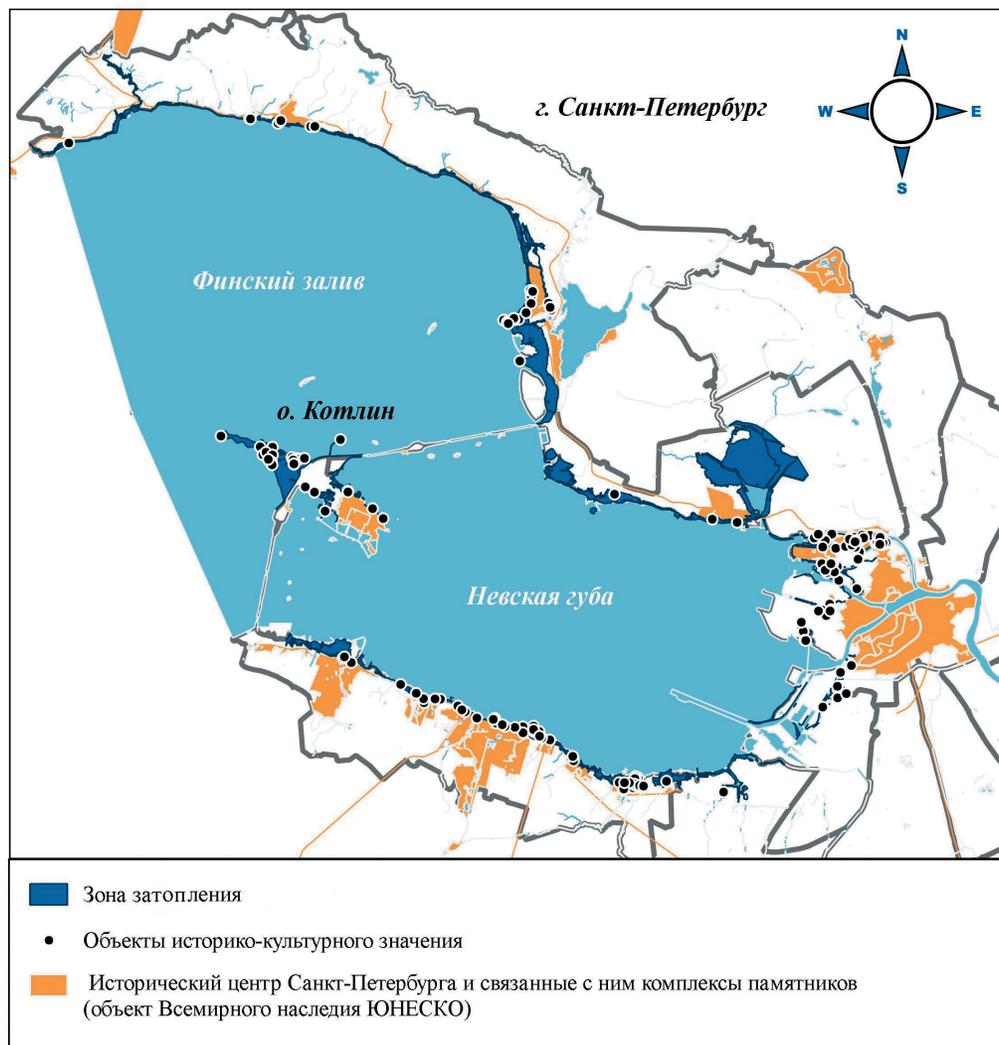


Рис. 2. Объекты историко-культурного значения Санкт-Петербурга, попадающие в утвержденную зону затопления при уровнях воды однопроцентной обеспеченности.

Fig. 2. Objects of historical and cultural significance of St. Petersburg falling into the existing flood zone.

Для морского побережья Калининградской области (устье реки Преголи, Балтийск, Калининградский залив, Куршский залив) опасным нагонным уровнем наводнения является 150—160 см БСВ [16].

В настоящее время в утвержденную в зону затопления от Финского залива и Невской губы попадает 135 объектов исторического и культурного значения на территории Санкт-Петербурга (рис. 2). Увеличение зоны затопления при росте

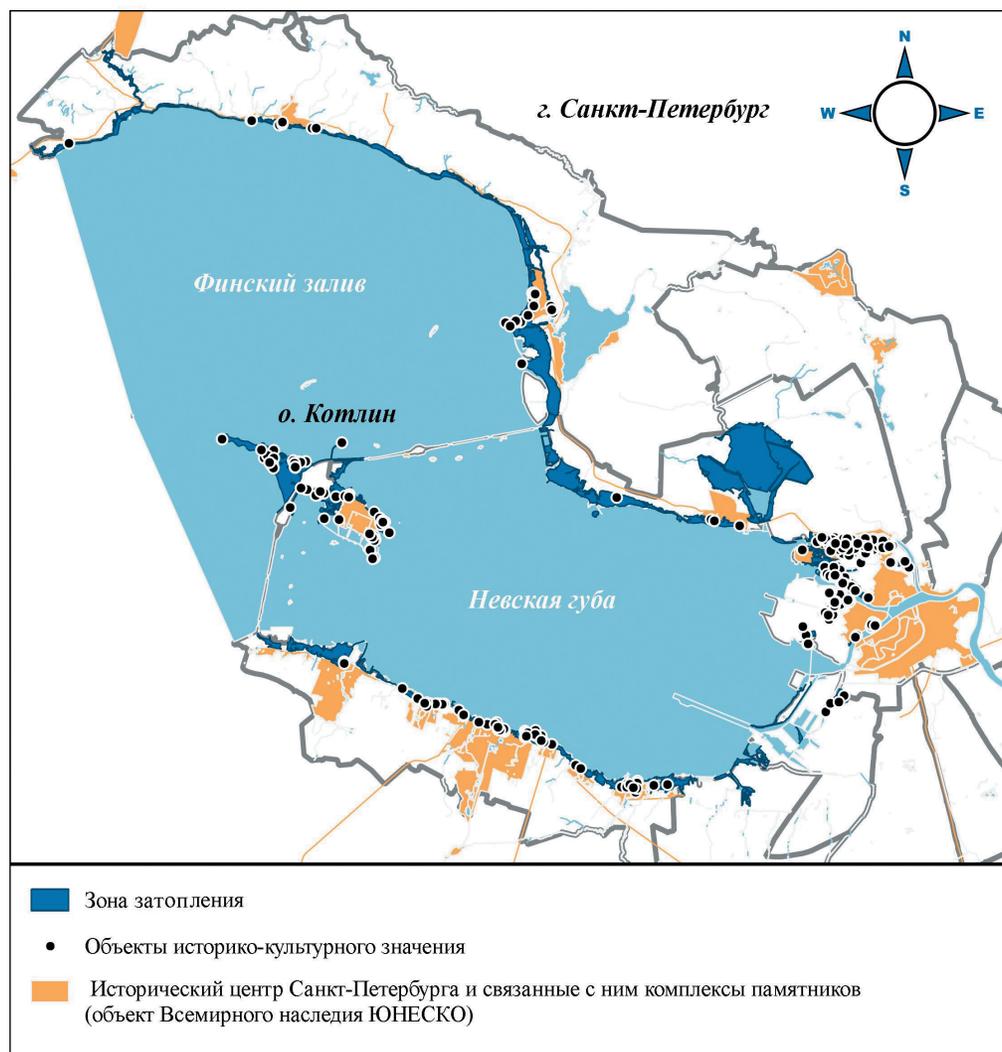


Рис. 3. Объекты историко-культурного значения Санкт-Петербурга, попадающие в зону затопления при повышении среднего уровня моря на 30—40 см.

Fig. 3. Objects of historical and cultural significance of St. Petersburg, falling into the flood zone with an increase in average sea level by 30—40 cm.

среднего уровня моря на 30—40 см увеличивает их число в 4 раза, а на 80—100 см в 25 раз (рис. 3—4). Полученные результаты показывают, что прогнозируемое увеличение зоны затопления при изменении климата является одной из наиболее значимых угроз физической утраты (разрушения) исторического и культурного наследия Санкт-Петербурга (табл. 1).

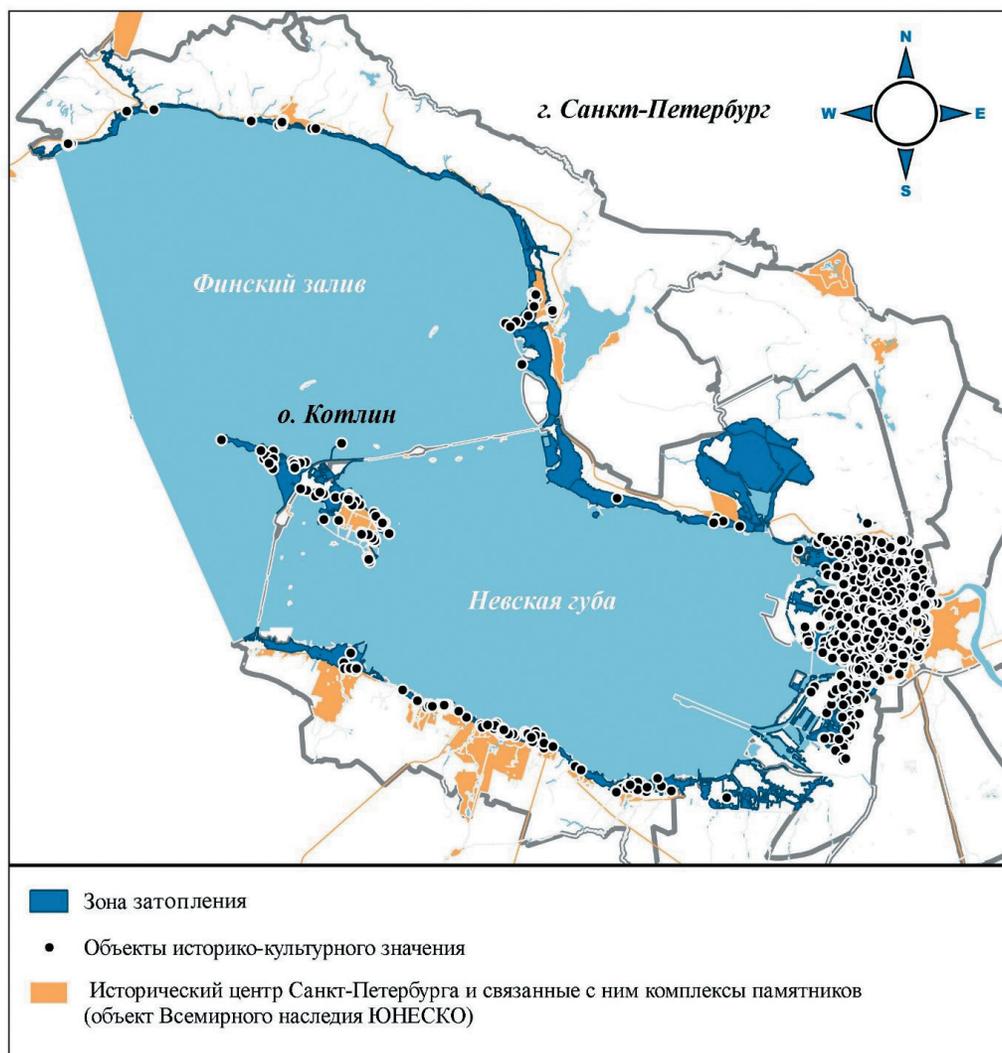


Рис. 4. Объекты историко-культурного значения Санкт-Петербурга, попадающие в зону затопления при повышении среднего уровня моря на 80—100 см.

Fig. 4. Objects of historical and cultural significance of St. Petersburg, falling into the flood zone with an increase in average sea level by 80—100 cm.

На рисунках 2—4 представлены схемы местоположения на территории Санкт-Петербурга объектов исторического и культурного значения, попадающих в зону затопления однопроцентной обеспеченности от нагонных наводнений со стороны Финского залива в различных климатических условиях.

Полученные результаты показывают, что наиболее значимым фактором, способным повлиять на сохранность памятников исторического и культурного

Таблица 1

Количество объектов историко-культурного значения Санкт-Петербурга различной категории охраны, попадающих в зону затопления в существующих и прогнозируемых климатических условиях (штук)

The number of objects of historical and cultural significance of St. Petersburg, various categories of protection, falling into the flood zone in existing and predicted climatic conditions (pieces)

Категория охраны	Существующее положение	При повышении уровня моря	
		на 30—40 см	на 80—100 см
Выявленные (В)	15	45	1080
Региональные (Р)	104	177	954
Федеральные (Ф)	120	300	1332
Всего	239	522	3366

значения Санкт-Петербурга во второй половине текущего столетия, будет являться повышение среднего и максимального уровня моря в восточной части Финского залива в результате развития глобального потепления.

В отношении Куршской косы получена оценка, что к концу XXI в. может быть затоплено около 20 км² ее территории или примерно 7 % от общей площади объекта всемирного культурного наследия ЮНЕСКО (рис. 5). Кроме того, повышение максимальных уровней воды при наводнениях, вызванное увеличением среднего уровня моря, может привести к развитию абразии и деградации природных комплексов Куршской косы [17].

При реализации экстремальных сценариев повышения уровня моря до 2 м и более к концу XXI в. при условии ускоренного таяния ледников Гренландии и Антарктиды значительные части Калининградской области могут быть затоплены [1, 18]. Наиболее уязвимыми к повышению уровня моря являются приморские части Нижнеманской, Полесской, Прегольской низменностей.

При оценке последствий повышения уровня моря наиболее дискуссионным является вопрос о том, насколько этот уровень способен вырасти. По данным ансамблевых оценок из отчета Шестого отчета МГЭИК, наиболее обоснованной является значение повышения уровня моря к концу XXI в. примерно на 60—80 см. Важно отметить, что даже при самом низком сценарии выбросов парниковых газов (SSP1-1.9) средний глобальный уровень моря к концу XXI в. по сравнению с 2000 г. увеличится минимум на 0,3 м [1, 18].

Однако, как было отмечено выше, в последнее время на фоне наблюдающегося увеличения роста уровня моря возрастает вероятность реализации экстремальных сценариев его повышения, особенно на отдаленную климатическую перспективу (XXII—XXIII вв.).

В связи с неопределенностью в прогнозе развития глобального потепления и повышения уровня моря, оценки площадей затопления приморских территорий являются ориентировочными. Сложность прогнозирования изменений климата и их последствий приводит к необходимости регулярно уточнять оценки затопления приморских территории при изменении климатических сценариев.

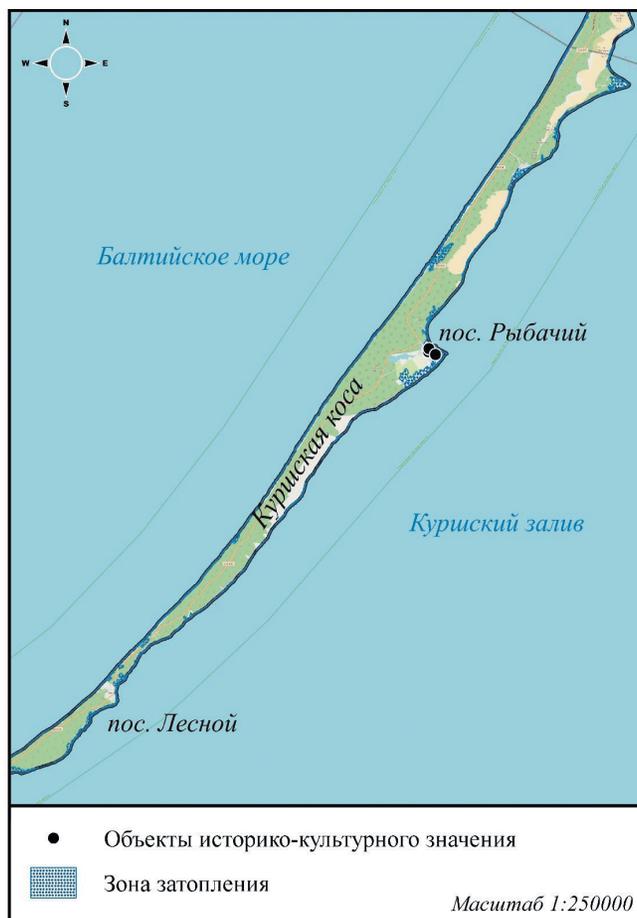


Рис. 5. Территория Куршской косы, затопляемая при повышении среднего уровня моря на 1 м.

Fig. 5. Territory of the Curonian Spit, flooded when the average sea level rises by 1 m.

Выводы

В настоящей статье рассмотрены последствия повышения среднего и максимального уровня моря для российских объектов исторического и культурного значения, расположенных на побережье Балтийского моря. Показано, что повышение уровня моря на 100 см может привести к увеличению количества объектов историко-культурного наследия на территории Санкт-Петербурга, подверженных затоплению и подтоплению, в 25 раз. Определен перечень объектов исторического и культурного наследия, попадающих в границы зоны затопления. В результате повышения уровня моря на 1 м может быть затоплено 7% территории Куршской косы. Повышение среднего и максимального уровня моря требует разработки и реализации

долгосрочных проектов инженерной защиты от затопления объектов всемирного наследия ЮНЕСКО, расположенных на побережье российской Балтики.

Полученные результаты могут быть использованы при подготовке региональных планов адаптации субъектов Российской Федерации: г. Санкт-Петербурга и Калининградской области к изменению климата.

Список литературы

1. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
2. *Малинин В.Н., Гордеева С.М., Шевчук О.И.* Изменения уровня Мирового океана в текущем столетии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 5. С. 9—22. doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-9-22.
3. World Heritage List: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://whc.unesco.org/en/list/>.
4. *Madsen K.S., Hoyer J.L., Suursaar U., She J., Knudsen P.* Sea Level Trends and Variability of the Baltic Sea From 2D Statistical Reconstruction and Altimetry // *Frontiers in Earth Science*. 2019. Vol. 7 [243]. doi: 10.3389/feart.2019.00243.
5. *Гордеева С.М., Малинин В.Н.* Изменчивость морского уровня Финского залива. СПб.: РГГМУ, 2014. 178 с.
6. Геоинформационная система Санкт-Петербурга: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rgis.spb.ru/map/main.aspx>.
7. Схема территориального планирования Калининградской области: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gov39.ru/vlast/agency/aggradostroenie/territorialnoe-planirovanie-schema.php>.
8. Климат морей России: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://portal.esimo.ru/portal/>.
9. Глобальная цифровая модель рельефа ASTER GDEM: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>.
10. *Малинин В.Н., Гордеева С.М., Малинина Ю.В.* Современные колебания морского уровня Кронштадта и их возможные изменения к концу столетия // *Общество. Среда. Развитие*. 2010. № 3 (16). С. 251—258.
11. *Малинин В.Н., Гордеева С.М., Митина Ю.В., Павловский А.А.* Негативные последствия штормовых нагонов и «векового» уровня в Невской губе // *Вода и экология: проблемы и решения*. 2018. № 1 (73). С. 48—58. doi: 10.23968/2305-3488.2018.23.1.48-58.
12. The BACC II Autor Team (2015). Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Cham: Springer International Publishing. 501 p.
13. *Павловский А.А.* Об определении зон затопления на территории Санкт-Петербурга // *Ученые записки РГГМУ*. 2016. № 43. С. 39—50.
14. *Павловский А.А., Менжулин Г.В.* Изменения климата и оценка перспективы использования в петербургском градостроительстве искусственных намывных территорий // *Труды Главной геофизической обсерватории*. 2019. Выпуск № 593. С. 70—84.
15. *Павловский А.А.* О разработке и реализации первоочередных мер по адаптации Санкт-Петербурга к климатическим изменениям // *Гидрометеорология и экология*. 2020. № 58. С. 111—126. doi: 10.33933/2074-2762-2020-58-111-126.
16. Перечень и критерии опасных явлений и комплексов гидрометеорологических явлений по району ответственности Калининградского ЦГМС-филиала ФГБУ «Северо-Западное УГМС»: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meteo39.ru/kriterii-oya.html>.
17. Балтберегозащита: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bbz39.ru/>.
18. *Sweet W.V., Kopp R.E., Weaver C.P., Obeysekerera T., Horton R.M., Thieler E.R., Zervas C.* Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States. NOAA Tech. Rep. NOS CO-OPS 083. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Silver Spring, MD, 2017. 75 p.

References

1. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
2. Malinin V.N., Gordeeva S.M., Shevchuk O.I. Changes in the global sea level in the current century. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. Current problems in remote sensing of the Earth from space. 2019, 16, 5: 9—22. doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-9-22. [In Russian].
3. World Heritage List. Available at: <https://whc.unesco.org/en/list/>.
4. Madsen K.S., Hoyer J.L., Suursaar U., She J., Knudsen P. Sea Level Trends and Variability of the Baltic Sea From 2D Statistical Reconstruction and Altimetry. *Frontiers in Earth Science*. 2019, 7:243. doi: 10.3389/feart.2019.00243.
5. Gordeeva S.M., Malinin V.N. Sea level variability of the Gulf of Finland. St. Petersburg: RGGMU, 2014: 178 p. [In Russian].
6. *Geoinformacionnaya sistema Sankt-Peterburga*. St. Petersburg's Geographic Information System. Available at: <http://rgis.spb.ru/map/main.aspx>. [In Russian].
7. *Skhema territorial'nogo planirovaniya Kaliningradskoj oblasti*. Territorial Planning Scheme of the Kaliningrad Region. Available at: <https://gov39.ru/vlast/agency/aggradostroenie/territorialnoe-planirovanie-schema.php>. [In Russian].
8. *Klimat morej Rossii*. Climate of Russian seas. Available at: <http://portal.esimo.ru/portal/>. [In Russian].
9. ASTER GDEM. Global Digital Terrain Model ASTER GDEM. Available at: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>.
10. Malinin V.N., Gordeeva S.M., Malinina Yu.V. Modern fluctuations in the sea level of Kronstadt and their possible changes by the end of the century. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie*. Society. Environment. Development. 2010, 3 (16): 251—258. [In Russian].
11. Malinin V.N., Gordeeva S.M., Mitina Yu.V., Pavlovskij A.A. Negative consequences of storm surges and “century-old” levels in the Nevsky Bay. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*. Water and Ecology. 2018, 1 (73): 48—58. doi: 10.23968/2305-3488.2018.23.1.48-58. [In Russian].
12. The BACC II Autor Team. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Cham: Springer International Publishing, 2015: 501 p.
13. Pavlovskij A.A. On the definition of flooding zones on the territory of St.Petersburg. *Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University. 2016, 43: 39—50. [In Russian].
14. Pavlovskij A.A., Menzhulin G.V. Climate change and assessment of the prospect of using artificial alluvial areas in St. Petersburg urban planning. *Trudy Glavnoj geofizicheskoy observatorii*. Proceeding of Voeikov Main Geophysical Observatory. 2019, 593: 70—84. [In Russian].
15. Pavlovskij A.A. On development and implementation of priority measures for adaptation of St.Petersburg to climate changes. *Gidrometeorologiya i ekologiya*. Hydrometeorology and ecology. 2020, 58: 111—126. doi: 10.33933/2074-2762-2020-58-111-126. [In Russian].
16. *Perechen' i kriterii opasnykh yavlenij i kompleksov gidrometeorologicheskikh yavlenij po rajonu otvetstvennosti Kaliningradskogo CGMS-filiala FGBU «Severo-Zapadnoe UGMS»*. List and criteria of hazards and complexes of hydrometeorological phenomena in the area of responsibility of the Kaliningrad branch of the North-Western Department of Hydrometeorological Service. Available at: <http://meteo39.ru/kriterii-oja.html>.
17. *Baltberegozashchita*. Available at: <http://bbz39.ru/>.
18. Sweet W.V., Kopp R.E., Weaver C.P., Obeysekerera T., Horton R.M., Thieler E.R., Zervas C. Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States. NOAA Tech. Rep. NOS CO-OPS 083. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Silver Spring, MD, 2017: 75 p.

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 11.10.2021

Принята в печать 15.11.2021

Сведения об авторах

Павловский Артем Александрович, д-р геогр. наук, начальник отдела, Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение «Научно-исследовательский и проектный центр Генерального плана Санкт-Петербурга», pa1@yandex.ru.

Шамшури Вадим Илларионович, руководитель группы инженеров, Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение «Научно-исследовательский и проектный центр Генерального плана Санкт-Петербурга», gc.shamshurin@gmail.com.

Information about authors

Pavlovskii Artem Alexandrovich, Grand PhD (Geogr. Sci), Head of department, State Research and Design Center of Saint-Petersburg's Master Plan.

Shamshurin Vadim Illarionovich, Head of engineers' group, State Research and Design Center of Saint-Petersburg's Master Plan.