

А.А. Павловский

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗОН ЗАТОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

A.A. Pavlovskii

ABOUT DEFINITION OF FLOODING ZONES ON THE TERRITORY OF ST. PETERSBURG

В статье приводятся сведения об определении границы зоны затопления Санкт-Петербурга в современных условиях. Также представлены данные о существующей динамике и прогностических оценках изменения морского уровня Финского залива в XXI в.

Ключевые слова: затопление, мегаполис, современные изменения климата.

Data about St. Petersburg flooding zones in modern conditions are given in the article. Information on the existing dynamics and predictive estimates of sea level rise in the Gulf of Finland in the 21st century is also submitted.

Key words: flooding, megalopolis, modern climate changes.

В важнейших международных правовых актах и резолюциях ООН признается, что низинные прибрежные районы, подверженные наводнениям, являются наиболее чувствительными к неблагоприятным последствиям современных изменений климата [15; 16, с. 177].

На этом фоне вопросы защиты прибрежных частей городов от затопления, подтопления становятся одними из приоритетных при инженерной подготовке урбанизированных территорий. В последние десятилетия в России, когда произошел ряд катастрофических событий, связанных с наводнениями и повлекших за собой человеческие жертвы и значительные экономические убытки, эта проблема особенно обострилась.

Достаточно вспомнить недавние катастрофические наводнения июля – сентября 2013 г. на юге Дальневосточного федерального округа: в Республике Саха (Якутия), Приморском и Хабаровском краях, Амурской и Магаданской областях, Еврейской автономной области. В июле 2012 г. от паводков на горных реках пострадали города Геленджик, Крымск, Новороссийск и другие населенные пункты Краснодарского края. В октябре 2010 г. паводки на горных реках также приводили к наводнениям в Краснодарском крае. Мощные паводки на реках Кондома и Томь в апреле 2004 г. привели к наводнениям в Кемеровской области. В июне 2002 г. катастрофическому наводнению в результате прошедших ливневых дождей подверглись 9 субъектов Южного федерального округа. Катастрофические наводнения, вызванные ледяными заторами, в городе Ленск (республика Саха (Якутия) происходили в мае 1998 и 2001 г.

Результатом данных катастрофических событий явились разрушение и повреждение десятков тысяч жилых домов и гибель сотен людей. Например, в 2013 г.

на территории муниципального образования городского округа «Город Комсомольск-на-Амуре» в зону затопления попало около 80 многоквартирных многоэтажных и около 1800 индивидуальных жилых домов [13].

Представленные примеры со всей очевидностью показывают чрезвычайную важность учета опасных гидрометеорологических явлений при планировании развития урбанизированных территорий.

Зоны затопления и подтопления, отражающие негативное воздействие вод, относятся к зонам с особыми условиями использования территории и должны в обязательном порядке отображаться на графических материалах и в текстовой части документов территориального планирования, зонирования и при планировке территории. Размещение новых населенных пунктов и строительство объектов капитального строительства без проведения специальных мероприятий по инженерной подготовке территории в границах зон затопления, подтопления запрещается [2, 7]. При этом, как показали случаи наводнений последних лет, данные условия не всегда выполнялись в прошлом. В связи с этим Правительством РФ было принято постановление от 18.04.2014 № 360 «Об определении границ зон затопления, подтопления».

Согласно данному постановлению, границы зон затопления, подтопления определяются Федеральным агентством водных ресурсов на основании предложений органа исполнительной власти субъекта РФ, подготовленных совместно с органами местного самоуправления.

Зоны затопления, подтопления перед направлением в Федеральное агентство водных ресурсов подлежат согласованию с Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Федеральной службой по надзору в сфере природопользования, Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Федеральным агентством по недропользованию [14].

Зоны затопления, подтопления считаются определенными с даты внесения Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии сведений об их границах в государственный кадастр недвижимости [14].

Границы зон затопления, подтопления отображаются в документах территориального планирования, градостроительного зонирования и документации по планировке территорий в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности [7].

Градостроительное планирование Санкт-Петербурга со времени его основания ориентировалось на обеспечение адаптации к специфике природных параметров территории, примыкающих к устью Невы и Финскому заливу, высокому широтному географическому положению, избыточному увлажнению, подверженности наводнениям и сложным геологическим и гидрогеологическим условиям. Уже первые генеральные планы Санкт-Петербурга предусматривали мероприятия по организации окружающего город водного пространства, развитию водных коммуникаций и разработке мер по защите от наводнений.

Справедливым будет отметить, что до начала XVIII в. поселения и оборонительные сооружения, связанные с длительным пребыванием людей, на территории современного Санкт-Петербурга в основном размещались в местах, не подверженных воздействию нагонных наводнений со стороны Невской губы. Основываясь на многовековом опыте

местного населения, строительство таких крупных шведских и русских средневековых поселений Нижнего Приневья, как крепость Ландскрона (1300–1301), торговый центр Невское устье (XVI в.), крепость Ниеншанц (1611–1703), город Ниен (1632–1702), происходило в районе Охтинского мыса на практически не затапливаемых отметках земной поверхности. Существуют свидетельства о том, что в Ниене наблюдения за уровнем воды проводились на регулярной основе, а также было распространено знание об опасности нагонных наводнений и штормовых ветрах западного и юго-западного направлений, с ними связанных. Имеются сведения, что население на данной территории существует практически непрерывно в течение более чем шести тысяч лет. Первые поселения культуры ямочной и ямочно-гребенчатой керамики появляются в районе устья реки Охты около 4070 лет до н.э., практически сразу после освобождения этой территории от вод Литоринового моря [5].

В период существования Санкт-Петербурга недоучет гидрологических особенностей невской дельты, связанных с подверженностью нагонным наводнениям, привел к тому, что первое документально зафиксированное наводнение произошло 20(17) августа 1703 г., спустя несколько месяцев с основания города. Начиная с этого времени на протяжении более трех столетий наводнения оказывают негативное воздействие на экономику и жизнедеятельность населения города.

Отметим, что на протяжении всей истории Санкт-Петербурга выполнялись работы по подготовке различных карт и планов затопления его территории. Среди наиболее известных укажем «План Петербурга, составленный по результатам страшного наводнения 1824 года», выполненный гравером Паршевым, а также «План С.Петербурга с указанием местностей, затапливаемых при наводнении», представленный в энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона. Собираательная схема наиболее памятных наводнений различных уровней представлена в энциклопедическом справочнике «Санкт-Петербург, Петроград, Ленинград» [17, с. 408].

Границы зон затопления административных районов Санкт-Петербурга в векторном виде были подготовлены в рамках реализации российско-нидерландского проекта «Создание системы предупреждения наводнений в Санкт-Петербурге и оценка ущерба в геоинформационной системе», выполняемого Управлением «Морзащита» в соответствии с распоряжением Губернатора Санкт-Петербурга от 25.02.1999 № 191-р. До недавнего времени результаты данного проекта были представлены на официальном Экологическом портале Санкт-Петербурга (www.infoeco.ru).

В действующем Генеральном плане Санкт-Петербурга указаны следующие горизонты высоких вод при наводнениях 1 % обеспеченности: +345 см БСВ в естественных условиях и +190 см БСВ при наличии защитных сооружений. Данные значения характеризуют максимальные уровни воды на гидрологическом посту «р. Большая Нева–Горный институт», дифференциация значений по территории города отсутствует [8]. Сведения о границах зон затопления на территории Санкт-Петербурга не внесены в государственный кадастр недвижимости (www.rgis.spb.ru).

В настоящее время определение границ зон затопления, подтопления на территории Санкт-Петербурга включено в график подготовки нового Генерального плана города с разработкой концепции совместного градостроительного развития Санкт-Петербурга и территорий Ленинградской области (агломерации).

Определение зон затопления Санкт-Петербурга производится силами Научно-исследовательского и проектного центра Генерального плана Санкт-Петербурга в отношении: территорий, прилегающих к устьевым участкам водотоков, затапливаемых в результате нагонных явлений расчетной обеспеченности; территорий, прилегающих к естественным водоемам, затапливаемых при уровнях воды расчетной обеспеченности либо в результате ледовых заторов и зажоров; территорий затопления в соответствии с декларациями безопасности гидротехнических сооружений. Указанные категории наводнений были выбраны по данным утвержденных схем комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Невы и рек и озер бассейна Финского залива, сведениям МЧС России и различным литературным источникам [18].

При определении зон затопления источниками исходной информации явились сведения, предоставленные Северо-Западным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Ленгидропроектом — генеральным проектировщиком КЗС, декларации безопасности гидротехнических сооружений, данные о затоплении территории от муниципальных образований, литературные источники, актуализированная топографическая съемка М 1:10 000, цифровая модель рельефа Санкт-Петербурга М 1:2000.

В качестве системы автоматизированного проектирования применялась лицензионная программа AutoCAD, в качестве геоинформационной системы — ArcGIS.

Примеры участков зон затопления территории Санкт-Петербурга при нагонных, зажорных наводнениях и при форсированных подпорных уровнях на гидротехнических сооружениях представлены на рис. 1.

Отметим, что в настоящее время определение зон затопления, подтопления происходит в знаковый период по защите Санкт-Петербурга от наводнений — 12 августа 2011 г. комплекс защитных сооружений (далее — КЗС) введен в эксплуатацию. Более чем трехвековая история развития представлений о природе опасного гидрологического явления и мер по защите городских территорий нашла свое логическое завершение в современном гидротехническом сооружении, состоящем из 11 каменно-земляных дамб, двух судопропускных и шести водопропускных сооружений, и протянувшимся на 25,4 км. Для эксплуатации КЗС учреждено Федеральное казенное предприятие «Дирекция комплекса защитных сооружений Министерства регионального развития Российской Федерации». К настоящему времени КЗС остановил уже более 10 наводнений (www.dambaspb.ru).

Например, во время наводнения 27–28 декабря 2011 г., по данным Северо-Западного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в условиях работы КЗС наблюдались следующие максимальные уровни воды (см БСВ) на гидрологических постах в Невской губе: Невская-порт — 168 см, Кронштадт — 133 см, Ломоносов — 135 см, Лисий Нос (по данным срочных наблюдений) — 125 см.

В XXI столетии наиболее уязвимыми к нагонным наводнениям стали территории Курортного и Кронштадтского районов с внешней стороны КЗС, которые с 1996 г. входят в состав Санкт-Петербурга, и для которых КЗС в период наводнений создает подпор и соответственно увеличивает максимальные уровни моря примерно на 5–10 % по сравнению с естественными условиями.

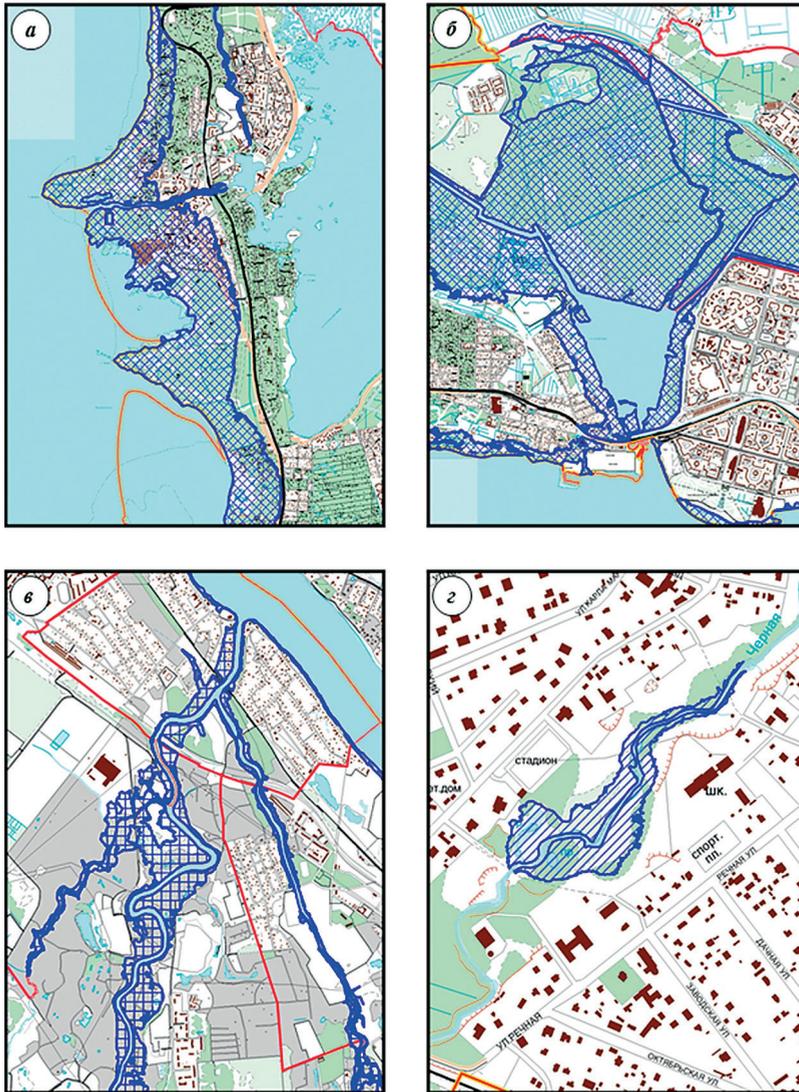


Рис. 1. Примеры участков зон затопления территории Санкт-Петербурга (заштрихованные области):
а — при нагонных наводнениях на территории муниципального округа «город Сестрорецк»;
б — при нагонных наводнениях на территории муниципального округа «Ладта-Ольгино»;
в — при зажорах вдоль реки Ижора; *г* — при форсированном подпорном уровне на гидротехническом сооружении на р. Черная в пос. Песочное

В условиях защищенной акватории затоплению при нагонных наводнениях подвержены прибрежные низинные территории Приморского, Петроградского, Василеостровского, Адмиралтейского, Кировского, Красносельского, Петродворцового и Кронштадтского районов Санкт-Петербурга.

Согласно полученным предварительным результатам, в настоящее время площадь затопляемой территории Санкт-Петербурга, с учетом нагонных, зажорных наводнений и форсированных подпорных уровней составляет около 3 % от общей площади города. Ориентировочные площади затопления распределились следующим образом: при нагонных наводнениях — 4050 га, при зажорных наводнениях — 312 га, при форсированных подпорных уровнях — 20 га.

Как видно из представленных результатов, нагонные наводнения продолжают оставаться самым опасным гидрологическим явлением для Санкт-Петербурга, превосходя иные типы затоплений по площади более чем в десять раз.

При определении зон затопления, подтопления территории, учитываемых в документах стратегического планирования урбанизированных территорий, разрабатываемых на несколько десятков лет вперед, важно понимать, что в XXI в. существующее негативное воздействие вод будет усилено в результате развития глобального потепления. Для Санкт-Петербурга, как прибрежного мегаполиса, особенно важным проявлением современных изменений климата является повышение уровня моря [6, с. 99; 9; 10; 11; 15; 16, с. 177].

В настоящее время на территории Северо-Запада России и Санкт-Петербурга наблюдаются современные изменения климата, проявляющиеся, в том числе, в динамике среднего и максимального уровня Финского залива. Исследователями отмечается увеличение общего количества наводнений в последний климатический период, а также смещение максимума их повторяемости с осенних месяцев на зимние, что, в свою очередь, интенсифицирует связанную с негативным воздействием вод проблему — абразию берегов Финского залива, особенно в Курортном районе, где наблюдающиеся скорости отступления берега составляют 0,25–0,5 м/год, на некоторых участках достигающие до 2 м/год [3, с. 32]. Также заметим, что развитие речной эрозии наблюдается на реках, подверженных зажорным наводнениям. Например, сравнение топографической съемки масштаба 1:2000 для участка реки Большая Ижорка вблизи ее впадения в реку Ижору по состоянию на 1980 и 2011 г. показало, что за это время скорость разрушения берегов составляла 0,5 м/год. К настоящему времени ширина русла реки Большая Ижорка увеличилась более чем на 15 м. По данному факту были внесены изменения в пространственные границы водных объектов в «Региональной информационной системе Санкт-Петербурга» (www.rgis.spb.ru).

Отметим, что департамент Росгидромета по Северо-Западному федеральному округу также указывает на необходимость учета сценариев изменения климата и повышения уровня Балтийского моря на период до 2050 г., полученных Международной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), при определении зон затопления, подтопления.

В соответствии с существующими научными знаниями, на повышение среднего глобального уровня моря влияют несколько основных факторов: термическое расширение воды, таяние покровных и горных ледников, а также изменение запасов воды на континентах. Согласно данным пятого оценочного доклада МГЭИК, в XXI столетии средний уровень моря будет продолжать повышаться при всех сценариях изменения концентраций парниковых газов (RCP), при этом ожидается увеличение скорости подъема.

Средние оценки повышения глобального уровня моря в XXI в. по сравнению с историческим периодом 1986–2005 гг. при различных сценариях изменения концентраций парниковых газов в 2046–2065/2081–2100/2100 гг. составляют, м: для

RCP2.6 — 0,24/0,40/0,44; для RCP4.5 — 0,26/0,47/0,53; для RCP6.0 — 0,25/0,48/0,55; для RCP8.5 — 0,30/0,63/0,74. Прогнозируемые скорости повышения среднего уровня моря в 2081–2100 гг. составляет (мм/год): для RCP2.6 — 4,4; для RCP4.5 — 6,1; для RCP6.0 — 7,4; для RCP8.5 — 11,2. По данным исторических наблюдений, скорости подъема составляют (мм/год): в 1901–1990 — 1,5, в 1971–2010 — 2,0, 1993–2010 — 2,8–3,2. Дополнительно следует отметить, что по сравнению с четвертым оценочным докладом прогнозные значения повышения уровня моря увеличились [21].

Оценки повышения уровня моря в период после 2100 г. сильно различаются в зависимости от сценариев изменения концентраций парниковых газов. Особенно большой разброс значений наблюдается при долгосрочных прогнозах изменения уровня моря. При «низком» сценарии (< 500 ppm CO₂) повышение глобально осредненного уровня моря составит, м: в 2200 г. — 0,35–0,72 м, в 2300 г. — 0,41–0,85 м, в 2400 г. — 0,46–0,94 м, в 2500 г. — 0,50–1,02 м. При «среднем» сценарии (500–700 ppm CO₂): в 2200 г. — 0,26–1,09 м, в 2300 г. — 0,27–1,51 м, в 2400 — 0,21–1,90 м, в 2500 г. — 0,18–2,32 м. При высоком сценарии (> 700 ppm CO₂): в 2200 г. — 0,58–2,03 м, в 2300 г. — 0,92–3,59 м, в 2400 г. — 1,20–5,17 м, в 2500 г. — 1,51–6,63 м [21].

Вероятно, что как в XXI в., так и в более отдаленные временные периоды, изменения уровня моря будут иметь значительные региональные особенности и отклонения от среднего глобального уровня. Весьма вероятно, что к концу XXI в. приблизительно на 95 % площади Мирового океана будут наблюдаться положительные тенденции в динамике среднего уровня моря. При этом региональные скорости повышения уровня моря за определенные климатические периоды в будущем могут отличаться от средних глобальных тенденций более чем на 100 %.

После рассмотрения глобальных тенденций повышения среднего уровня моря обратимся к региональным особенностям Балтики. Основными факторами, влияющими на долговременные тенденции изменения среднего уровня Балтийского моря, являются: вертикальные и горизонтальные движения земной поверхности, связанные с эффектом гляциоизостазии, эвстатическое повышение, обусловленное таянием покровных и горных ледников, а также водный баланс водоема, главным образом, зависящий от распределения атмосферного давления в Северной Атлантике.

В связи с этими особенностями проблема изменения уровня Балтийского моря привлекала к себе внимание населения на протяжении всей истории освоения прибрежных территорий региона. С конца XV в. существуют письменные свидетельства о переносе населенных пунктов по причине отступления берега моря в Ботническом заливе [1, с. 57].

Длительные изменения уровня земной поверхности хорошо фиксируются по отметкам наскальных футштоков и ординаров XVIII–XIX вв., широко распространенных на побережье Балтийского моря и Ладожского озера, наиболее известным из которых является «средний уровень», нанесенный в 1731 г. на гранитной глыбе Сварт Галлан в юго-западной части Ботнического залива по поручению А. Цельсия. Одни из первых оценок скорости понижения уровня моря также были сделаны А. Цельсием по данным об изменении высот тюленьих лежбищ и составили примерно 1,3 см/год. Рунические камни «эпохи викингов» свидетельствуют, что за период с 1050 г. по настоящее время земная поверхность к северо-западу от Стокгольма повысилась примерно на 5 м, а берег моря отступил на несколько километров [1, с. 58; 20, с. 13, 21].

С начала 1990-х гг., изучению вертикальных и горизонтальных движений земной коры на интересующей нас территории посвящен проект BIFROST, основанный на анализе данных с сети из десятков базовых станций системы глобального позиционирования GPS, достаточно равномерно покрывающей регион Балтики [19, с. 63; 22]. Анализ результатов проекта показывает, что максимальная скорость поднятия земной поверхности наблюдается в северной части Ботнического залива, постепенно снижаясь при приближении к пределам бывшего оледенения и даже переходя к отрицательному знаку на территориях вне распространения древнего оледенения. К сожалению, продолжительные ряды наблюдений за неотектоническими движениями земной коры на территории Санкт-Петербурга отсутствуют, последние наблюдения были проведены в 2005–2006 гг. [4, с. 13]. Возможно, подобные наблюдения можно было бы организовать с помощью спутниковой геодезической сети референчных станций Санкт-Петербурга на основе спутниковых технологий ГЛОНАСС/GPS/ГАЛИЛЕО, предназначенной для формирования спутникового навигационного пространства в городе Санкт-Петербурге и прилегающих территориях Ленинградской области (www.ref.kgainfo.spb.ru).

В табл. 1 для 43 пунктов в различных частях Балтики представлены средние скорости изменения уровня моря (V), вычисленные по данным непрерывных наблюдений в период 1977–2007 гг. (www.psmsl.org, www.esimo.ru), скорости медленных вертикальных движений земной поверхности ($V_{\text{верт.}}$), связанные с процессом гляциоизостазии и тектонической активностью Балтийского щита, а также скорости повышения уровня моря за вычетом данного фактора ($V_{\text{корр.}}$). Сведения о скоростях вертикальных движений земной поверхности получены на основании результатов специализированных исследований [22]. На всех представленных пунктах наблюдений в рядах данных имеются выраженные тренды того или иного знака. Заметим, что для 23 мареографов в исходных рядах наблюдений за уровнем моря отмечаются отрицательные значения коэффициента линейной регрессии при уровне значимости более 0,9. После вычитания из исходных данных значений скоростей гляциоизостазии для всех станций отмечаются положительные значения величины линейного тренда.

После рассмотрения региональных тенденций в исторической динамике среднего уровня Балтийского моря перейдем к анализу аналогичного ряда измерений по данным с уровнемерного поста в Кронштадте, являющимся наряду со Стокгольмом и Копенгагеном одним из наиболее продолжительных в регионе.

Непрерывные данные о среднем уровне Финского залива (см БСВ) представлены в архиве сервиса PSMSL с 1835 по 1993 г., там же можно получить ряд измерений с 1806 по 1817 г. и эпизодические наблюдения для 1777 и 1824 г. Данные измерений с 1977 г. по настоящее время представлены в электронном атласе «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана» (www.esimo.ru).

Межгодовой ход уровня моря в Кронштадте с 1835 г. по настоящее время характеризуется наличием положительного линейного тренда, величина которого составляет 0,58 мм/год. При этом до середины XX в. фактически можно говорить об отсутствии какой-либо выраженной тенденции в ряду значений, то есть о стоянии морского уровня, а начиная с 1948 г. по настоящее время уровень моря растет со средней скоростью 1,6 мм/год [6, с. 12].

Таблица 1

Данные о средних скоростях изменения уровня Балтийского моря (мм/год)
за период 1977–2007 гг. с учетом и без учета фактора гляциоизостазии

Наименование станции	Широта	Долгота	V	$V_{\text{верг.}}$	$V_{\text{корр.}}$
Балтийск	54,7	19,9	4,06	0,45	4,51
Выборг	60,7	28,7	1,61	3,30	4,91
Калининград	54,4	20,3	4,61	0,35	4,96
Кронштадт	60,0	29,8	0,82	2,30	3,12
Лисий Нос	60,0	30,0	0,45	2,25	2,70
Ломоносов	59,9	29,8	0,27	2,20	2,47
Невская Устьевая	59,9	30,3	1,79	2,05	3,84
Озерки	60,2	29,0	0,35	2,70	3,05
Открытое	54,9	21,1	0,63	0,50	1,13
Foglo / Degerby	60,0	20,4	-3,83	6,50	2,67
Forsmark	60,4	18,2	-4,88	7,30	2,42
Furuogrund	64,9	21,2	-6,56	9,70	3,14
Fynshav	55,0	10,0	2,08	0,20	2,28
Gedser	54,6	11,9	2,25	0,30	2,55
Hamina	60,6	27,2	-1,00	3,80	2,80
Helsinki	60,2	25,0	-1,95	4,30	2,35
Kalix	65,7	23,1	-6,01	9,10	3,09
Kaskinen / Kasko	62,3	21,2	-5,80	8,95	3,15
Kemi	65,7	24,5	-5,27	8,90	3,63
Klagshamn	55,5	12,9	0,36	0,90	1,26
Klaipeda	55,7	21,1	3,35	1,00	4,35
Kobenhavn	55,7	12,6	1,76	1,00	2,76
Korsor	55,3	11,1	1,82	0,55	2,37
Koserow	54,1	14,0	1,33	0,20	1,53
Kungsholmsfort	56,1	15,6	0,32	1,70	2,02
Mantyluoto	61,6	21,5	-5,03	8,05	3,02
Marviken	58,6	16,8	-2,48	4,70	2,22
Olands Norra Udde	57,4	17,1	-1,08	3,10	2,02
Oskarshamn	57,3	16,5	-0,89	3,00	2,11
Oulu / Uleaborg	65,0	25,4	-5,60	8,75	3,15
Pietarsaari / Jakobstad	63,7	22,7	-6,21	9,30	3,09
Raahе / Brahestad	64,7	24,4	-6,38	9,20	2,82
Ratan	64,0	20,9	-7,50	10,60	3,10
Rauma / Raumo	61,1	21,4	-4,43	7,45	3,02
Rodbyhavn	54,7	11,3	0,22	0,25	0,47
Slipshavn	55,3	10,8	2,12	0,45	2,57
Spikarna	62,4	17,5	-6,68	9,30	2,62
Stockholm	59,3	18,1	-3,19	5,80	2,61
Turku / Abo	60,4	22,1	-3,61	6,20	2,59
Vaasa / Vasa	63,1	21,6	-6,27	9,30	3,03
Visby	57,6	18,3	-1,33	3,30	1,97
Warnemunde 2	54,2	12,1	2,04	0,10	2,14
Wismar 2	53,9	11,5	1,65	-0,30	1,35

Анализ данных о средних многолетних значениях уровня моря показывает, что за прошедшие 180 лет наблюдений можно выделить периоды по 30 лет, как с отрицательными, так и положительными значениями уровня относительно нуля кронштадтского футштока. При этом в последнее тридцатилетие средний многолетний уровень моря достиг максимального значения за весь период наблюдений и составил 8,67 см (БСВ), что на 7,47 см выше предыдущего периода (рис. 2).



Рис. 2. Данные о среднем уровне воды в Финском заливе в различные климатические периоды

Следует отметить, что оценки конкретных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) в части тенденции и скорости изменения уровня Балтийского моря до 2050 г. могут значительно различаться, вплоть до противоположного знака, в зависимости от сценария изменения концентраций парниковых газов. В табл. 2 представлены средние скорости изменения уровня Финского залива по данным 6 МОЦАО: CNRM-CM5 (Франция), EC-EARTH (Нидерланды/Ирландия), GISS-E2-R (США), INM-CM4.0 (Россия), MPI-ESM-MR (Германия), MRI-CGCM3 (Япония).

Таблица 2

**Средние скорости повышения уровня Финского залива (см/год)
в период до 2050 г. по данным различных МОЦАО при трех проекциях изменения климата**

МОЦАО	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
CNRM-CM5	-0,16	0,00	0,07
EC-EARTH	0,26	0,20	0,04
GISS-E2-R	0,35	0,16	0,52
INM-CM4.0	—	-0,09	0,01
MPI-ESM-MR	0,06	0,09	0,17
MRI-CGCM3	0,05	0,08	0,48

Обобщенные региональные оценки изменения уровня Балтийского моря свидетельствуют, что в конце XXI в. уровень Финского залива может повыситься от 30–40

до 80–90 см по сравнению с концом XX в. [23, с. 260]. При реализации наихудшего сценария площадь затопления составит около 1300 га, в которую попадут прибрежные территории Санкт-Петербурга, имеющие высокое природное и историко-культурное значение. При этом значительно увеличится площадь зоны затопления при максимальных уровнях воды расчетной обеспеченности [9, 10, 11].

Представленные оценки показывают, что устойчивое развитие прибрежных территорий Санкт-Петербурга в XXI в. возможно только при комплексном учете наблюдающихся изменений климата и гидрологических характеристик Невской губы и Финского залива в документах стратегического планирования мегаполиса.

В связи с этим в XXI в. должна быть налажена процедура по внесению изменений в документы территориального планирования, градостроительного зонирования и в документацию по планировке территории в части отображения в них сведений о границах зон затопления и подтопления.

Необходимо получение достоверных оценок вертикальных и горизонтальных движений земной поверхности на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области, связанных с процессом гляциоизостазии и тектонической активностью Балтийского щита.

При наличии существенных различий в прогностических оценках уровня Финского залива в XXI в. дальнейшее развитие исследовательской работы предполагается вести в части проведения сравнительного анализа точности восстановления климатическими моделями исторической динамики уровня Балтийского моря. По мнению автора, при выборе климатической модели, планируемой для расширенного использования при оценке последствий повышения уровня моря, предпочтение должно отдаваться МОЦАО наиболее точно воспроизводящей наблюдаемые климатические изменения.

Литература

1. *Богданов В.И.* Судьба урвнемренных знаков Балтийско-Ладожского региона // *Природа*, 2004, № 7, с. 55–61.
2. Водный кодекс Российской Федерации.
3. Геологические и экологические риски Санкт-Петербурга. Практические рекомендации по адаптации к климатическим изменениям. Коллектив авторов. — СПб., 2014. — URL: www.infoeco.ru/cliplive
4. Геологический атлас Санкт-Петербурга. Коллектив авторов. — СПб.: Комильфо, 2009. — 57 с.
5. *Гиппинг А.И.* Введение в историю Санкт-Петербурга, или Нева и Ниеншанц. — М.: Редакция альманаха «Российский Архив», 2003. — 472 с.
6. *Гордеева С.М., Малинин В.Н.* Изменчивость морского уровня Финского залива. — СПб.: РГГМУ, 2014. — 179 с.
7. Градостроительный кодекс Российской Федерации.
8. Закон Санкт-Петербурга от 22.12.2005 № 728-99 «О Генеральном плане Санкт-Петербурга».
9. *Малинин В.Н., Митина Ю.В., Шевчук О.И.* К оценке затопления побережья Курортного района Санкт-Петербурга при прохождении экстремальных наводненческих циклонов // *Учёные записки РГГМУ*, 2013, № 29, с. 138–145.
10. *Павловский А.А., Малинина Ю.В.* Повышение уровня Финского залива в XXI веке: сценарии и последствия. К вопросу о затоплении береговой зоны в пределах Курортного района Санкт-Петербурга // *Общество. Среда. Развитие*, 2010, вып. 4, с. 219–226.
11. *Павловский А.А., Менжулин Г.В.* О динамике Санкт-Петербургских наводнений в различные климатические периоды и оценки изменений уровня Финского залива при ожидаемом глобальном потеплении // *Вестник СПбГУ. Сер. 7, Геология, география*, 2010, № 2, с. 71–83.

12. Павловский А.А., Митина Ю.В. Возможные последствия повышения уровня Финского залива в XXI столетии для прибрежных территорий Санкт-Петербурга // Общество. Среда. Развитие, 2012, вып. 1, с. 221–227.
13. Постановление Администрации города Комсомольск-на-Амуре от 2 октября 2013 года № 3143-па «Об определении границ зоны затопления (подтопления) на территории муниципального образования городского округа «Город Комсомольск-на-Амуре».
14. Постановление Правительства РФ от 18.04.2014 № 360 «Об определении границ зон затопления, подтопления».
15. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата от 09.05.1992. Ратифицирована Федеральным законом РФ от 4 ноября 1994 г. № 34-ФЗ.
16. Резолюция 44/206 Генеральной Ассамблеи ООН от 22 декабря 1989 г. «Возможные неблагоприятные последствия повышения уровня моря для островов и прибрежных районов, в особенности низинных прибрежных районов».
17. Санкт-Петербург. Петроград. Ленинград: Энциклопедический справочник. Ред. колл.: Л.Н. Белова, Г.Н. Булдаков, А.Я. Дегтярев и др. — М.: науч. изд. «Большая Российская Энциклопедия», 1992. — 687 с.
18. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, утвержденная приказом Невско-Ладожского бассейнового водного управления от 28.05.2015 № 63.
19. Assinovskaya B., Shchukin J., Gorshkov V., Shcherbakova N. On recent geodynamics of the Eastern Baltic Sea region // Baltica, 2011, vol. 24(2), pp. 61–70.
20. Ekman M. The changing level of the Baltic Sea during 300 years: A clue to understanding the Earth. — Summer Institute for Historical Geophysics, Godby, 2009.
21. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds.: T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley. — Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. — 1535 p.
22. Lidberg M., Johansson J.M., Scherneck H.-G., Milne G.A. Recent results based on continuous GPS observations of the GIA process in Fennoscandia from BIFROST // Elsevier, Journal of Geodynamics, 2010, vol. 50, iss. 1, pp. 8–18.
23. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. 2015. The BACC II Author Team. Regional Climate Studies. — DOI: 10.1007/978-3-319-16006-1.