

*В.Н. Малинин, Ю.В. Митина, О.И. Шевчук*

**К ОЦЕНКЕ ЗАТОПЛЕНИЯ ПОБЕРЕЖЬЯ КУРОРТНОГО РАЙОНА  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ  
НАВОДНЕНЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ**

*V.N. Malinin, J.V. Mitina, O.I. Shevchuk*

**TO THE ASSESSMENT OF FLOODING COAST RESORT AREA OF ST.  
PETERSBURG AT THE PASSAGE OF EXTREME CYCLONES**

*Обсуждается влияние экстремальных «наводненческих» циклонов на затопление территории Курортного района при открытых и закрытых створах Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Рассчитаны эмпирические зависимости общей площади затопления территории Курортного района и площадей затопления зданий и сооружений при наводнениях от высоты нагонной волны в диапазоне 1-6 м. Рассмотрены отрицательные последствия реализации проекта по намыву искусственных островов около Сестрорецка.*

*Ключевые слова: циклоническая активность, повышение уровня моря, Финский залив, наводнения, площади затопления, сестрорецкий намыв.*

*Discusses the impact of extreme cyclones flooding of the territory of the Resort area at the open and closed cross-sections of a Complex of protective structures of St Petersburg from floods. Designed empirical dependences of the total area of the flooding of the territory of the Resort area and the areas of flooding of buildings and constructions in case of floods from the height of blowing waves in the range of 1-6 meters. Considered the negative consequences of realization of the project on reclamation of artificial Islands near Sestroretsk.*

*Keywords: cyclonic activity, raising the level of the sea, Gulf of Finland, the floods, the flooded area, the Sestroretsk aggradation.*

В общем случае затопление побережья Финского залива возможно в результате действия двух основных факторов: медленных климатических изменений морского уровня за счет современного глобального потепления и обусловленного этим векового повышения уровня Мирового океана (УМО) и быстрых синоптических изменений уровня при прохождении над заливом циклонических образований, вызывающих штормовые нагоны и наводнения.

Как было показано в работе [2] при реализации самого неблагоприятного климатического сценария уровень в Финской губе может подняться на 1 м к 2000 году, причем кардинальных мер по защите от него нет. Естественно, при принятии управленческих решений целесообразно учитывать, прежде всего, самый неблагоприятный сценарий роста морского уровня в Невской губе. А.А. Павловским и Г.В. Менжулиным [5] составлена схема возможного затопления территории Санкт-Петербурга при среднем многолетнем подъеме уровня Финской губы на 1 метр. Было выявлено, что в целом площадь затопления составит 1362 гектаров, причем в Приморском районе – это 816 га, в Кронштадском – 259 га, в Курортном – 223 га, в Петродворцовом – 64 га. В зону затопления попадают



При задании указанных параметров и траектории циклона подъем уровня в Санкт-Петербурге при открытом КЗС в проектном состоянии достигает отметки 486 см. Обеспеченность подобного наводнения согласно [3] равна примерно 0,08 % (повторяемость один раз в 1250 лет). Если же траектории движения циклона придать небольшую северную составляющую, то подъем уровня в Санкт-Петербурге может достичь максимального значения равного 590 см [8]. Примерная оценка обеспеченности составляет менее 0,01 % (один раз в 10 тысяч лет) – значения, используемого при проектировании наиболее важных гидротехнических сооружений.

Из рисунка 1 видно, что максимальный подъем на побережье залива должен отмечаться в районе Горская–Сестрорецк и при открытом КЗС составит 577 см, при закрытии КЗС на период наводнения – 604 см, т.е. увеличение уровня равно 27 см. Однако в действительности эта величина может быть заметно больше, ибо в модели не учитывается реальная морфометрия побережья. Кроме того, вполне очевидно, что влияние закрытия створов КЗС больше влияет на распространение нагонной волны вдоль северного побережья Финского залива, чем вдоль южной его части.

С вводом в эксплуатацию Комплекса защитных сооружений (КЗС) Санкт-Петербургу и островам дельты Невы наводнения не угрожают, однако для прибрежных территорий Курортного района Санкт-Петербурга, активно развивающихся в настоящее время, данная проблема становится даже более острой чем прежде. Дело в том, что при закрытии всех створов КЗС нагонная волна будет отражаться от глухой стенки дамбы и распространяться вдоль северного и южного побережий залива, причем в силу конфигурации дамбы большей опасности подвержено как раз северное побережье. Так, согласно модельным оценкам при закрытых створах КЗС максимальные уровни воды при наводнениях в Курортном районе увеличиваются примерно на 5-10 % [3,4].

В работах [6,7] выполнен достаточно подробный анализ возможных зон затопления побережья Курортного района при высоте нагонной волны от 1 м до 4 м. Авторами для вычисления возможных площадей затопления использовалась система автоматизированного проектирования AutoCAD и материалы топографической съемки Курортного района (М 1:2000), с учетом актуализации на 2010 год. Было показано, что уже при подъеме уровня на один метр около 37 % всех пляжей Курортного района будет затоплено (63 га), а при высоте нагонной волны 4 м будут затоплены практически все пляжи (170 га). На рис. 2 приводится схема затопления Курортного района при подъеме уровня на 4 м, которая дает четкое представление о пространственных масштабах распространения нагонной волны. Нетрудно видеть, что зона затопления является весьма обширной и охватывает практически всю территорию до железной дороги Сестрорецкого направления. Отметим, что при этом общая площадь затопления достигает 1260 га, из них больше половины (731 га) приходится на муниципальное образование г. Сестрорецк. Более чем с 7 раз меньше площадь затопления в районе г. Зеленогорск (103 м).

Учитывая, что при прохождении экстремального наводненческого циклона высота нагонной волны может достигнуть 6 м, то дополнительно был произведен расчет возможных площадей затопления Курортного района в диапазоне от 4 до 6 м. На рис. 3 представлена зависимость общей площади затопления территории Курортного района при наводнениях в диапазоне от 1 до 6 м. Как и следовало ожидать, она

носит квазилинейный характер. Это связано с тем, что при относительно большом пространственном осреднении выпуклые и вогнутые формы рельефа подстилающей поверхности будут нивелироваться (сглаживаться). Аппроксимация этой зависимости дает очень простую линейную формулу:

$$A_{Кр} = a_1 h_{sl} = 3,02 h_{sl}, \quad (1)$$

где  $A_{Кр}$  – площадь зоны затопления в Курортном районе в кв. км;  $h_{sl}$  – высота нагонной волны в метрах.

Среднеквадратическая ошибка аппроксимации равна  $\sigma = 0,76 \text{ км}^2$ , а коэффициент детерминации, описывающий долю дисперсию функции отклика равен  $R^2 = 0,99$ . Данная формула позволяет оценивать площадь зоны затопления при любом, даже катастрофическом наводнении.

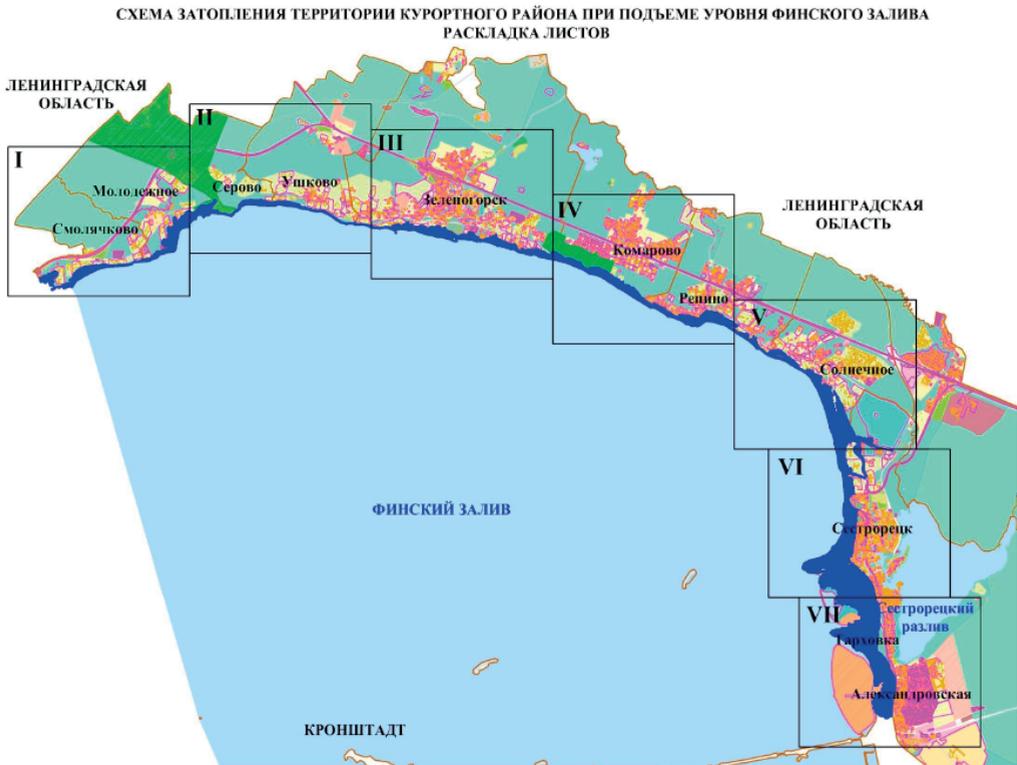


Рис. 2. Схема затопления Курортного района Санкт-Петербурга при повышении морского уровня на 4 м [7].

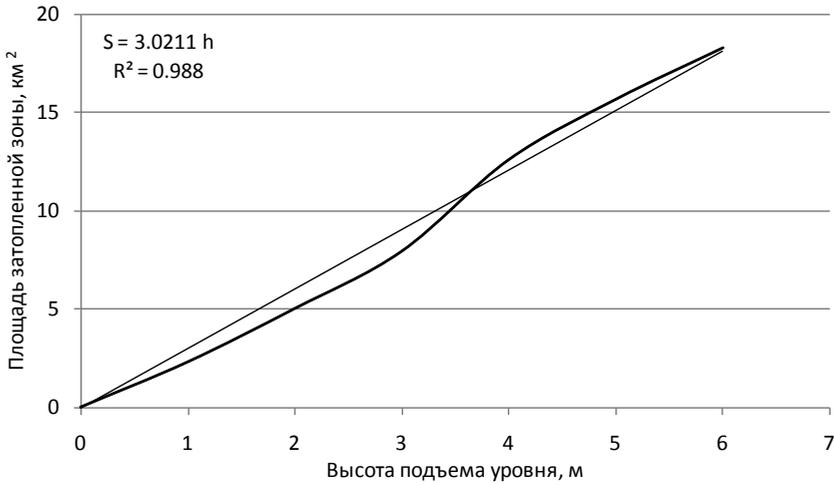


Рис. 3. Зависимость общей площади затопления территории Курортного района при наводнениях от высоты нагонной волны в диапазоне 1-6 м.

На рисунке 4 приведены оценки площадей зданий и сооружений, находящихся в зоне затопления и приходящихся на разные уровни от высоты нагонной волны. Отметим, что наибольшее количество сооружений приходится на города Курортного района – Сестрорецк (62-88 %) и Зеленогорск. Фактически не подвержены затоплению сооружения поселков Ушково, Молодежное и Комарово. Если общая площадь затопления в пределах роста уровня от 1 до 6 м увеличивается квазилинейно, то суммарная площадь зданий и сооружений в зоне затопления растет почти экспоненциально, что обусловлено быстрым увеличением числа зданий по мере отступления от береговой черты. Это означает, что экономические потери также будут быстро возрастать с ростом нагонной волны.

Кривая площадей затопления зданий и сооружений ( $A_{\text{здан}}$ ) на рисунке 4 может быть с высокой точностью аппроксимирована нелинейной зависимостью

$$A_{\text{здан}} = a_0 / (1 + \exp(a_1 - a_2 h_{sl}))^{1/a_3} . \quad (2)$$

Среднеквадратическая ошибка данной зависимости составляет  $\sigma = 1859 \text{ м}^2$ , что в пересчете на относительную ошибку дает величину  $\Delta = \sigma / \bar{A} = 0,7 \%$ , т.е. она очень мала. Коэффициент детерминации равен  $R^2 = 0,996$ , что также свидетельствует об очень высокой точности данной зависимости. По существу, с помощью формулы (2) можно рассчитывать оценки площадей затопления зданий и сооружений Курортного района практически для любого, самого экстремального наводнения.

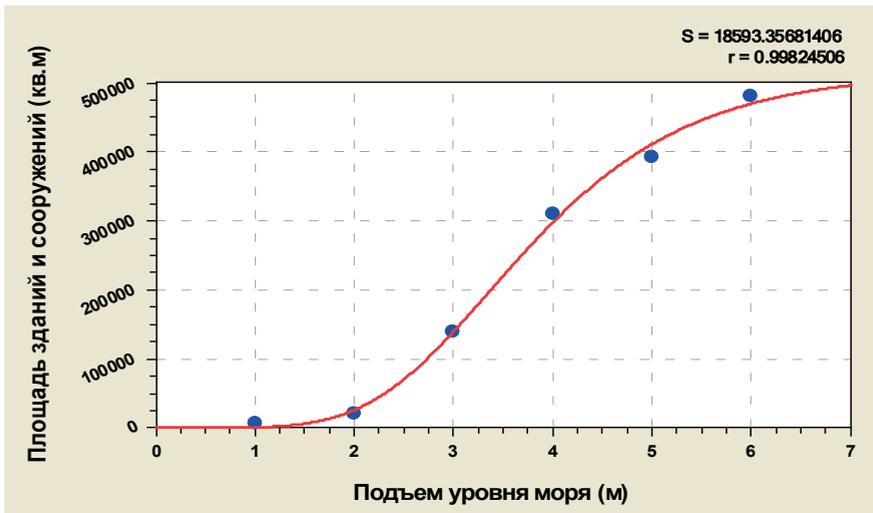


Рис. 4. Оценки площадей затопления зданий и сооружений Курортного района (кв. м) при высоте нагонной волны в диапазоне 1-6 м.

В настоящее время с точки зрения развития и комплексного управления прибрежной зоной Курортного района самой болевой точкой, очевидно, является зона от ст. Горская до г. Сестрорецк, где предполагается намыв двух искусственных островов площадью 377 га, на территории которых предполагается строительство жилья и объектов социальной сферы примерно на 60 тыс. человек. Схема «Сестрорецкого намыва» представлена на рис. 5. Как видно из этого рисунка, намываемые территории должны быть ограждены дамбой высотой 4 метра. В обосновании намыва двух искусственных островов разработчиками принята 1-% обеспеченность (повторяемость 1 раз в 100 лет), соответствующая подъему уровня воды при наводнениях в 342 см БС. Поэтому проектом предусматривается намыв островов высотой до 4 м.

Намыв планируется закончить к 2015 году, а «новый город» на них вырастет только к 2028 году. При намыве будет использована новейшая (голландская) технология, а стоимость реализации проекта составит порядка 180-200 млрд. рублей. Против намыва резко выступают местные жители, которые не без оснований полагают, что в результате такого строительства их ожидает экологическая катастрофа. Поэтому инициативная группа жителей прибрежных населенных пунктов, экологов и ряда депутатов ЗАКС выступают с предложением провести городской референдум о целесообразности намыва.

На наш взгляд, реализация данного проекта принесет огромный экономический и экологический ущерб. Дело в том, что абсолютно чистых технологий намыва не существует — вопрос в том, как тщательно они соблюдаются. Наши строители чуть ли не на следующий день после подписания экспертных документов забывают о необходимости соблюдения технологических норм и экологических требований, стараясь получить максимальную прибыль при минимальных затратах [1]. Кроме того, возможен огромный экологический ущерб Тарховской бухте. Вследствие слабой вентиляции и наличие

здесь застойных зон со скоростями течений менее 1 см/с грязная вода погубит все живое: от мелких донных организмов, которые играют роль «санитаров-очистителей» для грязных стоков, до поголовья рыб. В результате будет водоем с мертвой водой, где не будет рыбы и растительности.



Рис. 5. Схема Сестрорецкого намыва.

Итак, подведем итоги. Острова предполагается намывать в наиболее опасном по высоте штормовых нагонов и навалов льда районе Балтийского моря. Намыва островов высотой до 4 м или строительство оградительной дамбы такой же высоты явно недостаточно, чтобы избежать наводнений. Как известно, максимальное наводнение, зарегистрированное в СПб 7 (19) ноября 1824 года, имело высоту 421 см, а экстремально возможное наводнение может достичь высоты 6 м. Вероятность такого катастрофического наводнения мала (1 раз в 10 000 лет, используемого при проектировании наиболее важных гидротехнических сооружений), но примерно такой же была вероятность наступления экстремального наводнения летом 2012 года в районе Крымска, приведшего к многочисленным человеческим жертвам и колоссальному экономическому ущербу. Но эта вероятность реализовалась. Точно также она может реализоваться в любой момент в данном районе. Если дамба, высота которой равна 8 м, подобное наводнение выдержит, то острова подвергнутся разрушительной стихии.

При создании островов изменится гидрологический режим района. Прибрежные течения изменят направление движения, что приведет к возникновению застойных зон (со скоростями течений менее 1 см/с), особенно в каналах между островами и

берегом и усилению процессов эвтрофикации. При населении островов в 60 тыс. человек здесь следует ожидать экстремального загрязнения воды, заиления и заболачивания. Необходимы дополнительные тщательные гидроэкологические исследования прибрежной зоны.

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете при финансовой поддержке гранта Правительства РФ (Договор №11. G34.31.0078) для поддержки исследований под руководством ведущих ученых и мероприятия 1.3.1 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (государственный контракт № П1223 от 07 июня 2010 г.) по направлению «Океанология».

### Литература

1. *Averkiev A.S., Klevannyu K.A.* A case study of the impact of cyclonic trajectories on sea-level extremes in the Gulf of Finland // *Continental Shelf Research*, 2010, vol. 30, no. 6, p. 707-714.
2. *Беляева А.* Намыв без вытекающих последствий? [Электронный текст]. БалтИнфо: Балтийское информационное агенство. 13 февраля 2012 г. — URL: [<http://www.baltinfo.ru/2012/02/13/Namyv-bez-vytekauschikh-posledstvii-259378>] доступ свободный.
3. *Гордеева С.М., Малинин В.Н., Малинина Ю.В.* Современные колебания морского уровня в Кронштадте и их возможные изменения к концу столетия. // *Общество. Среда. Развитие*, 2010, № 3, с. 251-256.
4. *Клеванный К.А., Аверкиев А.С.* Влияние работы комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений на подъем уровня воды в восточной части Финского залива. // *Общество. Среда. Развитие*, 2011, № 1, с. 204-209.
5. *Малинин В.Н., Шевчук О.И.* Об изменениях климата в начале 21-го столетия. // *Ученые записки РГГМУ*, 2010, № 15, с. 150-154.
6. *Нежиховский Р.А.* Вопросы гидрологии реки Невы и Невской губы. — Л.: Гидрометеоздат, 1988. — 224 с.
7. *Павловский А.А., Малинина Ю.В.* Сценарии повышения уровня Финского залива в XXI веке и его последствия для затопления береговой зоны в пределах Курортного района Санкт-Петербурга. // *Общество. Среда. Развитие*, 2010, № 4, с. 219-226.
8. *Павловский А.А., Менжулин Г.В.* О динамике Санкт-Петербургских наводнений в различные климатические периоды и оценка изменений уровня Финского залива при ожидаемом глобальном потеплении. // *Вестник СПбГУ*, 2009, Сер. 7, Вып. 2, с. 71-83.
9. *Павловский А.А., Митина Ю.В.* Возможные последствия повышения уровня Финского залива в XXI столетии для прибрежных территорий Санкт-Петербурга. // *Общество. Среда. Развитие*, 2012, № 1, с. 221-235.