

**Л. Г. Сергеева**

**ОЦЕНКА  
ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА  
ГЛУБОКОВОДНОГО  
МОРСКОГО ПОРТА  
НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ  
ВИСЛИНСКОЙ ЛАГУНЫ**

*Рассматриваются особенности колебаний уровня в Вислинской лагуне. В связи с планируемым сооружением глубоководного морского порта в ее акватории указывается возможное негативное влияние на ее гидрологический режим: повышение уровней, создающее угрозу подтопления территорий, прилегающих к устью р. Преголи, увеличение солености водоема, гибель гидробионтов, разрушение экологических систем.*

*This article focuses on the level fluctuation in the Vistula Lagoon. In view of the planned erection of a deepwater seaport in its waters, the author emphasises the negative impact on its hydrological regime: the rise in levels fraught with flooding of territories adjoining the mouth of the River Pregolya, the increase in salinity, the extinction of hydrobionts, and the destruction of ecological systems.*

**Ключевые слова:** колебания уровня, уровенная поверхность, штормовые нагоны, повышение солености, взмучивание.

**Key words:** level fluctuation, surface of reference, storm surges, salinity increase, roiling.

Калининград — самый западный российский порт — расположен в устье р. Преголи. Выход судов в Балтийское море осуществляется через Калининградский морской канал, длина которого 43 км 150 м, ширина 50—80 м, глубина 9,0—10,5 м.

Развитие международного морского судоходства и контейнерного транспортного флота требует дальнейшего расширения морских портов. В связи с этим Министерством транспортного флота Российской Федерации рассматривается проект строительства глубоководного морского порта, который мог бы принимать современные крупнотоннажные суда с большой осадкой и грузоподъемностью, осуществлять дальнейшее внедрение контейнерных перевозок в транспортно-технологические системы обработки грузов на базе современных терминалов. Это значительно увеличит грузооборот морских перевозок порта, а также расширит номенклатуру перевозимых грузов.

Выбор места под строительство глубоководного порта содержит многоплановое решение ряда сложных задач и, в первую очередь, научно обоснованную оценку влияния возводимого гидротехнического сооружения и его будущей эксплуатации на гидрологический режим Вислинской лагуны и устьевой области р. Преголи.

Фарватер предполагаемого канала должен пройти от Балтийского пролива, мимо о. Насыпной к мысу Северный (район замка Бальга), практически поперек пересекая северо-восточную часть Вислинской лагуны, где средние глубины составляют 2—3 м.

*Планируемая протяженность канала более 10 км, расчетная глубина 18 м, ширина 260 м.*

С достаточной долей уверенности можно утверждать, что процесс строительства порта, его эксплуатационные характеристики и будущая производственная деятельность портовых сооружений окажут негативное влияние на гидрологический режим рассматриваемой акватории. Последствиями могут быть опасные подтопления прилегающих к устью реки территорий и промышленных предприятий Калининграда, острова Канта и Кафедрального собора, а также ухудшение водоснабжения города, нарушение экологического равновесия в морских экологических системах, гибель гидробионтов. Это неизбежно приведет к непредсказуемому экономическому ущербу и возможным необратимым экологическим последствиям.

Для конкретной оценки влияния необходимо представить краткий анализ гидрологического режима исследуемой акватории.

Его характерная особенность — непериодические сгонно-нагонные колебания уровня у побережья юго-восточной части Балтийского моря и в устьевой области р. Преголи. При этом наблюдается сложное взаимодействие вод моря, залива и реки.

Исследованию нагонных явлений у морских побережий и в устьях рек посвящен ряд работ [1—3; 6].

В среднем за год в устье р. Преголи у Калининграда наблюдается 2—4 случая штормовых нагонов до опасной отметки 95 см БС и выше (БС — Балтийская система отсчета уровней воды

над нулем Кронштадтского футштока). За последние 50 лет зафиксированы четыре особо опасных подъема уровня свыше 155 см БС.

При абсолютных значениях максимума 188 см БС (1983 г.) и минимума минус 128 см БС (1904 г.) размах колебаний уровня у Калининграда составляет 316 см. В прибрежной юго-восточной части Балтийского моря сгонно-нагонные колебания имеют более сглаженный характер. Так, у Балтийска амплитуда колебаний уровня составляет 219 см при максимальном уровне 117 см БС (1983 г.) и минимальном минус 102 см БС (1937 г.).

Сгонно-нагонные явления связаны с прохождением над Балтийским морем со скоростью 50—70 км/ч глубоких, с большими градиентами атмосферного давления циклонов, перемещающихся с Атлантического океана. При этом ветры западных направлений, являющиеся нагонными, достигают 20—25 м/с, порывами свыше 30 м/с. Чем больше скорость ветра и продолжительность его действия, тем в большей степени возрастает энергия и высота нагона. Наибольшая повторяемость штормовых нагонов наблюдается в осенне-зимний период.

Экстремальный случай продолжительных сгонно-нагонных колебаний уровня в устье р. Преголи иллюстрирует рисунок 1. Особо опасный уровень 188 см БС, наблюдавшийся 29 января 1983 г. у Калининграда, был зарегистрирован как абсолютный максимум.

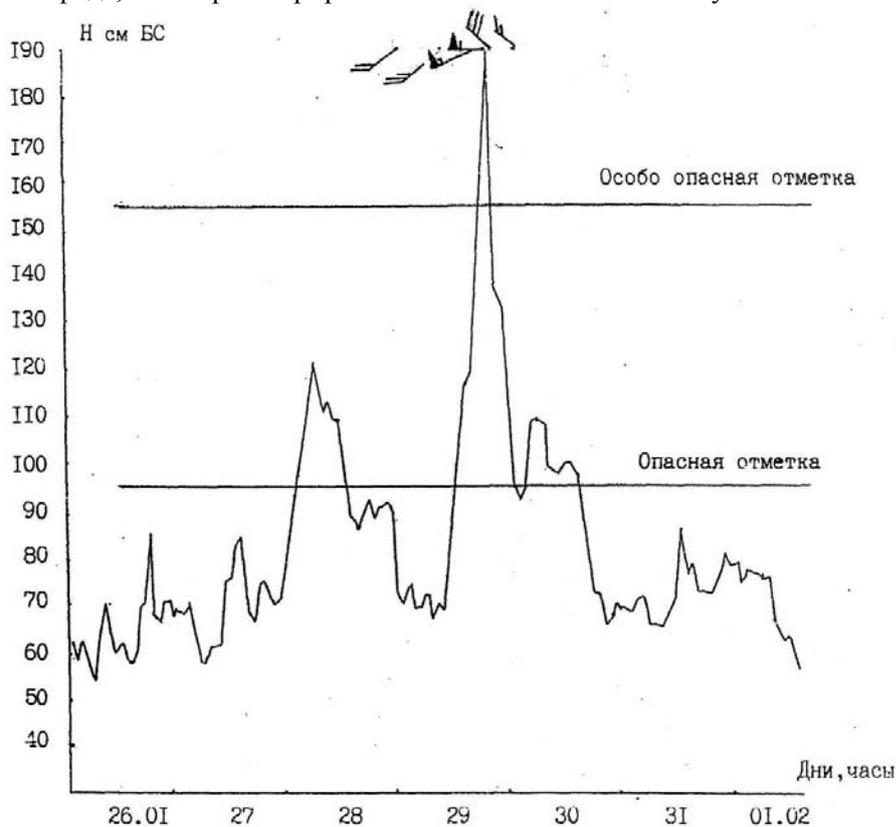


Рис. 1. Ежечасные колебания уровня в устье р. Преголи у Калининграда в период штормовых нагонов с 26 января по 1 февраля 1983 г.

Циклоны, пересекающие Балтийское море, выводят из равновесия его водные массы. В частности, они формируют особого рода длинную волну — пологую возвышенность. Высота такой волны в центральной и южной частях моря невелика и составляет не более 30—40 см, а длина сравнима с размерами моря [1]. Созданию длинной волны способствует как статический эффект (понижение атмосферного давления в центре циклона), так и динамический (дующие к центру циклона ветры). При своем движении циклон увлекает за собой длинную волну по направлению к Балтийскому проливу.

Дальнейшее распространение нагонной волны по устьевому руслу р. Преголи и повышение уровней при этом является следствием подпора речных вод нагонной волной, идущей из лагуны. При длительных и высоких нагонах соленая вода из Вислинской лагуны нередко достигает р. Деймы (рукав р. Преголи — 56 км от устья), впадающей в Куршскую лагуну, где происходит сброс избыточного объема стока из р. Преголи.

Скорость перемещения гребня нагонной волны в среднем составляет 6—7 км/ч, возрастает до 8—10 км/ч в устье реки с приближением к створу Калининград — порт и постепенно снижается до 4—5 км/ч у г. Гвардейска.

Подъем уровней в период сгонно-нагонных явлений характеризуется двумя формами изменения уровенной поверхности: ветровой и волновой.

Ветровая составляющая определяет денивеляцию вдоль продольной оси Вислинской лагуны, направленной с юго-запада на северо-восток (азимут 132° — 312°). Под действием штормового ветра юго-западного и западного направлений в одной половине лагуны наблюдается подъем, в другой — спад уровня. Возникает устойчивый наклон водного зеркала, а перепад уровней в таких случаях может достигать более 2 м при среднем расстоянии 100—120 км (рис. 2).

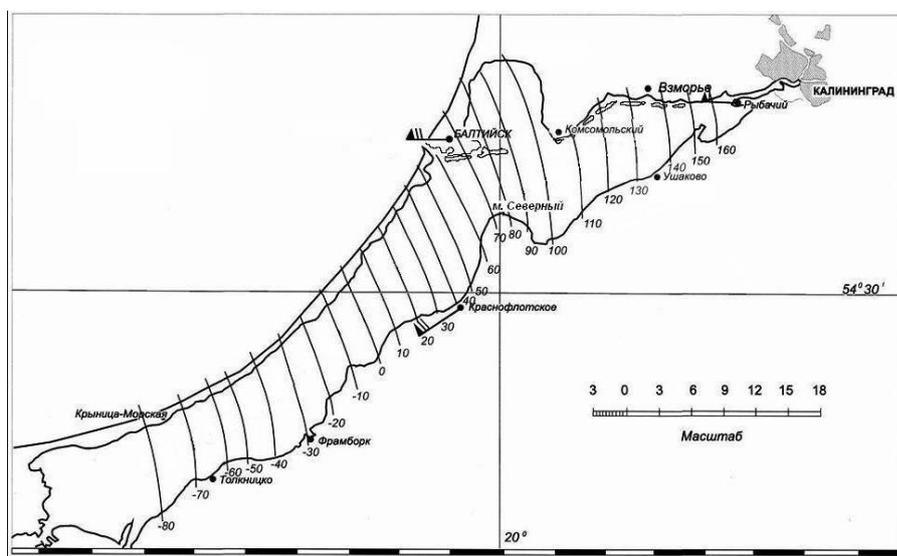


Рис. 2. Топография уровенной поверхности Вислинской лагуны в период штормового нагона в 07 ч 18.10.1967 г.

Волновая составляющая регулирует водообмен лагуны с морем. Под его влиянием происходит повышение или понижение уровня всей акватории лагуны. При этом водообмен через Балтийский пролив характеризуется двумя видами ветровых течений — входными или выходными. Вклад в развитие нагонного явления вносит входное ветровое течение, которое возникает под действием ветров западных румбов и формирует входной расход воды  $Q$  (м<sup>3</sup>/с).

$$Q = V \cdot \omega,$$

где  $V$  — скорость течения, м/с;

$\omega$  — площадь живого сечения потока, м<sup>2</sup>.

В первом приближении степень водообмена через Балтийский пролив может характеризоваться площадью живого сечения потока в створе Балтийска, а именно в данном случае — высотным положением уровенной поверхности в проливе, поскольку чем выше уровень, тем больше площадь живого сечения, а следовательно, больше и входной расход воды.

Как показывают наблюдения, за последние три десятилетия (1970—2000 гг.) значительно повысился уровень по всей исследуемой акватории. Повышение рассматривалось как эвстатическое, поскольку было обусловлено увеличением входных расходов через Датские проливы вследствие усиления западной формы атмосферной циркуляции [3].

Полученные данные о повышении водности в юго-восточной части Балтийского моря совпадают с результатами официального прогноза, разработанного Межправительственным комитетом по изменениям климата (IPCC). Так, при среднем, более вероятном сценарии, к 2030 г. уровень Мирового океана повысится на 18 см, интенсивность подъема составит 4,5 мм в год, в Балтийском море 2 мм в год [8].

Один раз в 100 лет в устье р. Преголи у Калининграда возможен подъем уровня до экстремально опасных отметок 200 см БС и выше [5].

Согласно архивным данным, с 7 по 14 апреля 1829 г. над Балтийским морем наблюдались жестокие штормы, а в устье р. Преголи — сильнейшее наводнение. Был залит водой нижний этаж

Альбертины — одного из зданий Кенигсбергского университета, находившегося на северо-восточном выступе нынешнего острова Канта. Был подтоплен весь остров, поскольку уровень воды поднялся выше причальных сооружений.

Анализ влияния параметров планируемого гидротехнического сооружения на гидрологический режим исследуемых районов позволил выявить негативные и в ряде случаев возможные необратимые последствия. Рассмотрим полученные результаты.

При поддерживаемой в настоящее время судоходной глубине на входе в Балтийский пролив 10,5 м (против планируемых 18 м) и обеспечении принятой ширины по линии дна канала 260 м, а также при углублении откосов канала произойдет расширение площади живого сечения в створе Балтийска, что увеличит входной расход. Это откроет свободный доступ для беспрепятственного поступления морских вод и будет способствовать увеличению наполняемости всей Вислинской лагуны. Положение урвенной поверхности окажется выше средних многолетних значений. При высокой водности лагуны даже небольшой нагон (приращение уровня, например, на 30—40 см в период сгонно-нагонного явления) может вызвать подъем уровня до опасных отметок, т.е. чем выше начальный уровень лагуны, тем большую опасность представляют сгонно-нагонные явления любой интенсивности.

Последствиями могут служить подтопление прилегающих территорий и нарушения в работе промышленных предприятий, расположенных вдоль реки, вплоть до их остановки. Установлено, что при уровне 95 см БС и выше, когда западные ветры приобретают силу шторма и усиливается входное течение, морские суда, следующие по Калининградскому морскому каналу, испытывают сильную бортовую качку, что приводит к их сносу поперек канала, при этом велика опасность ударов судна о берег. Кроме того, при повышении уровней возникает угроза затопления водой сетей электроснабжения средств навигационного оборудования.

Как известно, водоснабжение Калининграда находится в прямой зависимости от урвенного режима устьевой области р. Преголи. Наблюдениями установлено, что в период сгонно-нагонных явлений, когда река поворачивает течение вспять, происходит поступление хлоридов и взмученных потоков в водозаборные сооружения не только при достижении уровнем опасных отметок 95 см БС и выше, но и при более низких значениях, что может серьезно нарушить водоснабжение города питьевой водой. Увеличение повторяемости сгонно-нагонных явлений повышает эту опасность.

Большую трудность представляет менее изученный объект гидрологического режима — течение в лагуне. Оценка скоростей течений лежит в основе учета размывания связных грунтов и оплывания бровок проектируемого канала.

В случае штормовых нагонов возрастает удельная энергия потока  $E$ , находящаяся в прямой зависимости от наибольшей глубины  $h$  и скорости течения  $v^2$ :

$$E = h + \alpha v^2 / 2g,$$

где  $h$  — наибольшая глубина потока в данном сечении;

$v$  — средняя скорость потока;

$\alpha$  — коэффициент, учитывающий влияние неравномерности распределения скоростей течений по живому сечению на живую силу потока;

$g$  — ускорение свободного падения.

Очень сложно прогнозировать заносимость планируемого фарватера канала, не защищенного дамбами. Штормовые нагонные ветры западных направлений будут определять движение водных потоков, насыщенных илом и песчаными частицами, через фарватер канала, а не вдоль него. Сам фарватер будет выполнять роль отстойника, где при увеличении глубин и уменьшении скорости водного потока будут осаждаться взвешенные и придонные частицы. Это станет способствовать заилению канала. Данные обстоятельства определяют необходимость в больших объемах ежегодного ремонтного черпания на глубоководном фарватере, а его стоимость может превысить аналогичные эксплуатационные расходы всего Калининградского морского канала.

При отсутствии оградительных дамб в планирующемся строительстве канала возрастает угроза для безопасности мореплавания в умеренные и суровые зимы, когда максимальная толщина льда в лагуне может достигать 70 см. Дрейфующие льды также являются опасным навигационным препятствием.

Взмучивание водных масс, повышение солености, шумовое загрязнение окажут негативное влияние на жизнедеятельность и воспроизводство морских организмов. Не исключено, что при обваловании глубоководного фарватера нарушатся пути миграции рыб из Балтийского моря в Вислинскую лагуну и обратно (лосось, угорь, судак и др.).

Оптимальным решением для устранения большинства этих препятствий мог бы стать вариант создания автономной акватории глубоководного порта с прямым выходом в Балтийское море, которая не будет иметь непосредственного сообщения с лагуной.

В качестве предложения для инженерного подхода к данной проблеме рядом специалистов предлагается использование части акватории Приморской бухты, которая будет изолирована от лагуны глухой дамбой длиной около 7 км. Выход в Балтийское море может быть реконструирован в том месте, где находился ранее Лохштедтский пролив.

*В этом варианте также отпадает необходимость в рассмотрении вопросов, связанных с защитой городских территорий от подтопления.*

В результате в обособленном водоеме с небольшими глубинами при проведении дноуглубительных работ возможно строительство гаваней и причалов с достаточным объемом грунта для обустройства промышленной зоны, возведения дамбы и строительства дорог.

Опыт подобных работ известен при возведении портовых терминалов ООО «ЛУКОЙЛ-КМН».

Для обеспечения беспрепятственного сообщения между Калининградом и Балтийском целесообразно на гребне дамбы построить железную и автомобильную дороги. По мнению специалистов, северный и южный откосы дамбы следует закрепить и обустроить с учетом глубин, волновых и ледовых нагрузок, чтобы обеспечить ее устойчивость от внешних природных воздействий и динамических сил, связанных с использованием всех видов транспорта. Подошвы откосов дамбы предлагается закрепить шпунтом, чтобы не допустить сползания грунта из тела дамбы, выход в Балтийское море защитить входными молами. Причем строительство новых молв будет более рационально, чем пересмотр параметров существующих в Балтийске после недавно выполненных ремонтно-восстановительных работ. Кроме того, заход и выход судов станет более благоприятен из-за отсутствия течений, которые в Балтийском проливе являются навигационным препятствием.

Создание порта с автономным выходом в Балтийское море не повлияет на эксплуатационный режим работы существующих портовых терминалов и режим проводки судов к ним.

Сложные гидрологические условия Вислинской лагуны не позволяют проектировщикам принять однозначное решение. Этот пробел можно было бы восполнить созданием гидравлической модели, позволяющей получить адекватные ответы.

Детальное рассмотрение всех имеющихся вариантов инженерного подхода к этой проблеме, их экономическое обоснование и сравнительная характеристика позволят принять оптимальное решение с учетом главной задачи — сохранение гидрологического режима Вислинской лагуны, являющейся уникальным природным объектом.

#### ***Список литературы***

1. *Вольцингер В. Е. Пясковский Р. В.* Теория мелкой воды. Л., 1977.
2. *Веландер П.* Численное предсказание штормовых нагонов. Л., 1964. С. 10—46.
3. *Сергеева Л. Г.* Повышение уровня поверхности моря и температуры воздуха в юго-восточной части Балтийского моря как проявление глобальных процессов // Безопасность мореплавания и надежность судовых технических средств. СПб., 2005. С. 180—185.
4. *Sergeeva L., Krasnov E.* The Baltik — Sea-level events in the system of global change. Third Study Conference on BALTEX. Assembly Hall of Alands Parliament Building Mariehamn, Aland, Finland, 2001. P. 119—120.
5. *Сергеева Л. Г.* Механизм нагонных явлений и его особенности у побережья южной части Балтийского моря // Экология региона Балтийского моря. Калининград, 2003. С. 12—18.
6. *Инжебейкин Ю. И.* Колебания уровня Белого моря. Екатеринбург, 2003.
7. *Давыденко Л. И., Лядвик Н. С. и др.* Калининградский морской канал. Калининград, 2001.
8. *Михайлов В. Н.* Повышается ли уровень Мирового океана? // География № 37. М., 1998. С. 1—3.

#### ***Об авторе***

*Сергеева Лариса Григорьевна*, кандидат географических наук, доцент, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота.

E-mail: [ecogeography@rambler.ru](mailto:ecogeography@rambler.ru)

#### ***About author***

*Dr. Larisa Sergeyeva*, Associate Professor, Baltic State Fishing Fleet Academy.

E-mail: [ecogeography@rambler.ru](mailto:ecogeography@rambler.ru)