

# КРОНШТАДТСКИЙ ФУТШТОК — ТОЧКА ОТСЧЕТА ВЫСОТ В РОССИИ

**Л.Ф. Златоверховников** («Ленморниипроект», Санкт-Петербург)

В 1949 г. окончил гидротехнический факультет Ленинградского политехнического института им. М.И. Калинина по специальности «инженер-гидротехник». С 1955 г. работает в ОАО «Ленморниипроект», в настоящее время — старший научный сотрудник.

**С.Н. Плетнев** («Ленморниипроект», Санкт-Петербург)

В 1968 г. окончил Ленинградский топографический техникум, в 1975 г. — географический факультет Ленинградского государственного университета по специальности «картограф». С 1968 г. работал в тресте ГРИИ. С 1978 г. работает в ОАО «Ленморниипроект», в настоящее время — главный геодезист.

Еще из школьной программы многие знают, что в Париже хранится платиновый эталон метра. Вряд ли к нему когда-либо прикладывали портновский метр, мерную ленту или рулетку для компарирования, но создание и наличие подобного прибора обязательно.

Точно так же для эталонного компарирования любого из реперов в России создан и охраняется Кронштадтский футшток, о существовании которого знает каждый геодезист, топограф и землемер. На рис. 1 изображен наружный вид павильона в Кронштадте, в котором помещен мареограф — самопиसेц уровня моря.

Попробуем объяснить, почему такая, казалось бы, отвлеченная величина, как урез воды в Кронштадте, а не вершина холма в Москве или горы в Зауралье, служит для целей сохранения такой постоянной величины, как точка отсчета системы высот.

С давних пор возле рек, морей и других водоемов, где возникали первые очаги цивилизации, местные жители, руководствуясь практическими соображениями, всегда стремились достаточно точно определять положение уровня воды в водоемах и его изменение во времени.

Показательным примером в данном отношении является со-

здание в Древнем Египте на р. Нил ниломеров в виде зарубок на выходах скальных пород в долине реки. Появление ниломеров ученые относят к периоду от III до I тысячелетия до н. э. Умудренные накопленным опытом жрецы Древнего Египта на основании полученной информации об уровне воды в р. Нил уже тогда могли правильно предсказывать высоту уровня воды в реке при половодье и таким образом определять объем будущего урожая сельскохозяйственных культур, возделываемых по ее берегам [1].

Значительно позднее для этих же целей в Древнем Египте было создано оригинальное сооружение, одной из задач которого являлось прогнозирование высоты уровня воды в р. Нил во время паводков. Этим сооружением стала гигантская скульптурная группа, изображающая бога р. Нил (рис. 2). В левой руке бог реки, опираясь на сфинкса, держит рог изобилия, в правой — колосья хлебных злаков. Вокруг него резвятся и играют с животными 16 крохотных мальчиков, число которых соответствует числу уровней или локтей реки. Головы мальчиков по высоте расположены на равном расстоянии друг от друга в один локоть (0,497 м). Один из мальчиков, представляющий последний по

счету локоть и обеспечивающий урожайный год, выглядывает из рога изобилия. На цоколе сооружения выполнен рельеф с изображением животных и растений долины р. Нил. Создание в Египте указанной скульптурной группы относится ко II веку до н. э., т. е. к эллинистическому периоду. Подлинник этой скульптурной группы, к сожалению, не сохранился, но в музее Ватикана имеется ее мраморная римская копия конца I века до н. э., сделанная с оригинала.

Можно считать, что указанная скульптурная группа представляет собой своеобразный прообраз будущих футштоков,



**Рис. 1**  
Наружный вид павильона в Кронштадте



Рис. 2  
Скульптура бога р. Нил

предназначенных для наблюдений за положением уровня воды в реках, каналах, озерах, морях и океанах [2].

Впоследствии роль определения уровня воды неизмеримо возросла. Однако достаточно долго не удавалось решить вопрос о выборе нулевого горизонта, который мог бы быть принят для отсчета глубин и высот. Вместе с тем, нуль высот земной поверхности является определяющей характеристикой в системе абсолютных высот и глубин на территории тех государств, берега которых омываются морями. В связи с этим во все времена существовала необходимость применения единой системы высот и глубин: при строительстве сооружений, в том числе портовых гидротехнических сооружений, при прокладке дорог, в картографии, для решения задач, связанных с обеспечением безопасности судоходства, а также для решения научных задач, включая изучение форм рельефа и др. Для создания единой системы необходимо было установить начальную точку отсчета и выбрать непрерывную поверхность, проходящую через эту точку, от которой можно было бы однозначно отсчитывать

абсолютные высоты. Такая поверхность равных значений потенциалов силы тяжести, образующая замкнутую фигуру, была названа геоидом [3]. Но это стало не единственным предложением о начале отсчета.

В Европе, например, существует ряд различных систем отсчета высот. Так, для национальной высотной сети Нидерландов и сети 14-ти западноевропейских государств нормальным нулем является высота среднего уровня Северного моря, определенного по футштоку в Амстердаме за период с 1843 г. по 1860 г. Исходным пунктом нивелирной сети во Франции является высота среднего уровня Средиземного моря, определенного вблизи Марселя, в Швеции — высота среднего уровня Балтийского моря, определенного около Кальмара, а в ФРГ — нормальный нуль Северного моря в Валленхорсте и т. д.

Для понимания необходимости измерения уровня Балтийского моря в восточной части Финского залива следует остановиться на некоторых гидрологических особенностях данного региона.

Изменения уровня Балтийского моря в этой части Финского залива зависят, главным об-

разом, от характера атмосферных процессов над Балтийским бассейном в целом, а также от гидродинамических факторов и морфометрии<sup>1</sup>. Изменения во времени происходят, преимущественно, под действием метеорологических явлений, а пространственная изменчивость уровня зависит во многом от морфометрических особенностей Финского залива. Положение уровня подвержено, в основном, непериодическим колебаниям сгонно-нагонного характера. Периодические, т. е. приливо-отливные колебания несравненно меньше непериодических и большого практического значения не имеют. Подъемы уровня возникают преимущественно под действием ветров западных румбов, а понижения — ветров восточных румбов. Важное значение имеют подъемы, вызванные гидродинамическими причинами. Так, при одновременном воздействии на водную поверхность ветра и атмосферного давления в некоторых случаях возникает длинная волна, распространение и трансформация которой по морю и заливу наблюдались почти при всех крупных наводнениях. При определенных условиях подъемам уровня способствует также возникновение сейш<sup>2</sup>.

Необходимость получения данных о глубинах воды в р. Нева и рукавах, расположенных в ее дельте, относительно определенного уровня для обеспечения безопасности судоходства ощущалась еще в период шведской администрации. Свидетельством тому являются шведские карты, на которых р. Нева и ее рукава буквально испещрены данными о выполненных промерах глубин, обозначенных в футах [4]. Позднее подобные карты стали выпускаться и при

<sup>1</sup> Морфометрия (греч. *morphe* — форма и *metreo* — измеряю) — самостоятельный раздел геоморфологии, т. е. науки о рельефе земной поверхности, включая сушу, дно океанов и морей, его происхождении и истории развития.

<sup>2</sup> Сейши (от фр. *seiche*, ед. ч.) — свободные гравитационные стоячие волны большого периода в замкнутых или полузамкнутых бассейнах.

непосредственном участии русских гидрографов.

В России уже со времени основания новой столицы — города Санкт-Питер-Бурха<sup>3</sup> и возведения кронштадтских укреплений, исходя из требований безопасности судоходства, пришлось считаться со средним многолетним уровнем Балтийского моря — ординаром, который тогда назывался «ординарной водой». Высота «ординарной воды» была обозначена «особливою линией» в шлюзных воротах и на стенах бассейна, и Морского канала в Кронштадте. Первые футштоки в России были установлены в Кронштадте и Санкт-Петербурге. Наблюдения за уровнем воды непосредственно в Петербургском порту, т. е. в дельте Невы, имели важное значение еще и в отношении своевременного оповещения жителей новой столицы о предстоящих наводнениях, вызванных нагоном воды с моря и происходящих преимущественно в осенние месяцы.

Петр I, основав Санкт-Петербург исходя из стратегических соображений в самом устье р. Нева, на низких, зачастую заболоченных берегах, сразу же столкнулся с трудностями, заключающимися в многочисленных наводнениях, которые вели к человеческим жертвам и причиняли большой материальный ущерб. За период с 1703 г. по 1725 г. произошло восемь подъемов уровня воды в р. Большая Нева на 200 см и более, зафиксированных на о. Васильевский [5]. Уже в первые годы существования города подъем воды на 130–150 см представлял серьезную опасность для жителей города и его строений.

Первое из значительных наводнений, когда вода в р. Нева поднялась более чем на 200 см, произошло через четыре месяца

после основания города, а именно: в ночь с 30 на 31 августа 1703 г. Тогда водой был залит лагерь русских войск, в результате чего оказались затопленными продовольственные склады и была разнесена часть лесоматериалов, приготовленных для строительства Петропавловской крепости. Поэтому вскоре по указу Петра I начались наблюдения за колебаниями уровня Балтийского моря.

В 1715 г. в Петропавловской крепости была установлена рейка-футшток для измерения уровня воды в устье реки при штормовых нагонах. С его помощью академик И.Г. Лейтман в 1726 г. определил ординар р. Нева. Измерения были нерегулярны, проводились без научного обоснования и, в первую очередь, преследовали цель прогнозирования наводнений. Первые научные исследования невских наводнений, опубликованные в конце XVIII века, основывались на показаниях этого футштока.

Одной из ярких личностей в России, посвятивших себя изучению Балтийского моря, в том числе и наблюдениям за его уровнем, был А.И. Нагаев (1704–1781). Еще в 1739 г. он выполнил промеры глубин на фарватере между Санкт-Петербургом и Выборгом, а также провел опись Финского залива. В 1746 г. им была откорректирована существовавшая тогда карта Балтийского моря. В 1751 г. А.И. Нагаев снова замерил глубины Балтийского моря и впервые разработал его лоцию, которой русские мореплаватели пользовались затем в течение почти 60 лет. Кроме того, по его предложению в Кронштадте в 1752 г. был создан первый в России пост систематических наблюдений за погодой и морем, что позволило прогнозировать наводнения в Невской губе

при юго-западном ветре. Результаты наблюдений за уровнем воды в период с 1726 г. по 1744 г. публиковались в Метеорологических журналах Российской академии наук.

Значительный интерес к фиксации среднего уровня воды в Балтийском море посредством закрепления его отметок на прибрежных выходах скальных пород проявили и сопредельные с Россией государства. Так, в 1731 г. известный ученый А. Цельсий (1701–1744) выбил на камне Сварт-Геллан на шведском берегу, в двух милях к северо-западу от Гефле, горизонтальную черту, означающую летний уровень Балтийского моря. В 1754 г. шведский профессор математики Виркстрем установил на городской стене в Кальмаре, разделенную на футы и дюймы, водомерную рейку, т. е. футшток. В том же году в Финляндии на мысе Гамлетуль-Удден у Ганге-Удда (далее Гангут, теперь Ханко) шведы нанесли высотную марку, представляющую собой засечку на береговом граните. В 1756 г. упомянутый профессор Виркстрем нанес на скале острова Калла, расположенного на расстоянии 0,25 мили от Кальмара, Т-образный знак, горизонтальная черта которого соответствовала среднему уровню воды в данном месте. В 1800 г. шведы нанесли еще две высотные марки в крепости Свеаборг (ныне один из районов Хельсинки). Подобные же наблюдения за уровнем Балтийского моря проводились издавна и в Германии.

О важной роли, которая в России всегда придавалась определению положения уровня «ординарной воды», говорит уже тот факт, что только на берегах Финского и Ботнического заливов в пределах Великого Княжества Финляндского в период с 1833 г. по 1840 г. было

<sup>3</sup> Санкт-Питер-Бурх — первое название Санкт-Петербурга.



образовано 17 пунктов наблюдений за изменением уровня воды в Балтийском море. Уровень «ординарной воды» определялся с использованием горизонтальных высечек, выполненных на частично погруженных в воду вертикальных поверхностях прибрежных скал или гидротехнических сооружений.

В 1837 г. Российская академия наук издала Наставление по исследованию морей, согласно которому при гидрографических работах полагалось наносить на береговом граните (преимущественно на отвесных скалах) особые марки в виде засечек с указанием года их нанесения на высоте 5–6 футов над уровнем моря и на расстоянии не более 10 верст друг от друга. Наставлением, в частности, руководствовалась специальная экспедиция по съемке и промерам Балтийского моря.

Как уже указывалось ранее [2], над упорядочением наблю-

дений по Балтийскому морю в свое время большую работу проделал гидрограф М.Ф. Рейнеке. Им были обработаны данные наблюдений по ряду футштоков за 1825–1840 гг., в результате чего были выяснены некоторые неточности в их установке. В 1840 г. нули футштоков были тщательно выровнены, а их положение закреплено марками в виде горизонтальных высечек на граните смежных сооружений. Теперь можно утверждать, что именно с тех пор получаемые данные наблюдений по футштокам на Балтийском побережье России стали достаточно надежными, особенно по установленному на о. Котлин в 1840 г. Кронштадтскому футштоку.

#### ▼ Список литературы

1. Доценко В.Д. Нагаев Алексей Иванович // Словарь биографический морской. — СПб.: Изд-во «logos», 2000. — С. 271–272.
2. Богданов В.И. Зарубки на скалах // Санкт-Петербургские ведомости. — 2002. — № 140.

мости. — 2002. — № 140.

3. Буланже Ю.Д. Дублер Кронштадтского футштока // Ленинградская правда. — 1988. — № 140.

4. Карасев И.Ф., Васильев А.В., Субботина Е.С. Гидрометрия. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — С. 24–28.

5. Кураев С.Н., Садков В.М., Березин Б.В. Комплекс сооружений защиты Ленинграда от наводнений и его влияние на уровенный режим восточной части Финского залива // Состояние уровенных наблюдений и проблемы Кронштадтского футштока. — М., 1986. — С. 51–54.

#### RESUME

Historical sources on the water level observations in ancient Egypt, Europe, Russia and the Baltic Sea countries are given. Historical prerequisites for creating a single Baltic elevation system are revealed. The fundamental role of the Kronshtadt tide-gauge on the Kotlin Island is mentioned.



[www.geometer.ru](http://www.geometer.ru)

**Производство топографо-геодезических работ и решение инженерно-геодезических задач с применением цифровых технологий, вывод материалов в форматах заказчика, выполнение задач по межеванию**

**Поставка геодезического оборудования и программного обеспечения ведущих производителей мира, В ТОМ ЧИСЛЕ В КРЕДИТ**

117405, Москва, Варшавское ш., 21-й км,  
здание администрации «Каширский двор-3», офис 329  
Тел./факс (495) 204-43-99, 741-02-65  
E-mail: [geometer@mail.ru](mailto:geometer@mail.ru), [nvk2004@mail.ru](mailto:nvk2004@mail.ru)