

# **ПРИРОДА**

№ 7, 2004 г.

**Богданов В.И.**

## ***Судьба уровнемерных знаков Балтийско-Ладожского региона***

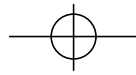
© “Природа”

**Использование и распространение этого материала  
в коммерческих целях  
возможно лишь с разрешения редакции**



**Сетевая образовательная библиотека “VIVOS VOCO!”**  
(грант РФФИ 03-07-90415)

***vivovoco.nns.ru***  
***vivovoco.rsl.ru***  
***www.ibmh.msk.su/vivovoco***



# Судьба уровнемерных знаков Балтийско-Ладожского региона

В.И.Богданов

Более 300 лет не ослабевает внимание к феномену Фенноскандии, известному в разное время под названиями «вековое понижение уровня Балтийского моря», «смещение береговой линии», «последнее поднятие земной коры». Один из основных методов изучения этого явления — уровнемерный. До внедрения в практику наблюдений деревянных реек с футовыми делениями (футштоков) и самописцев (мареографов, лимниграфов) уровень моря измеряли от меток — знаков, нанесенных на приморские скалы, их иногда еще именуют марками (от англ. — old water marks). К концу XIX в. только российские гидрографы насекли на берегах и островах Балтийского моря и Ладоги около сотни знаков — все они до недавнего времени считались утраченными. Но в 2002—2003 гг. экспедиция Главной астрономической обсерватории РАН обнаружила несколько таких марок в современной российской части акватории Финского залива.

Историко-культурное значение этих находок несомненно. Но могут ли они быть полезными в современных научных исследованиях, когда уровень моря измеряют с помощью высокоточной наземной или спутни-



Владимир Иванович Богданов, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН. Начальник геодинамической экспедиции. Занимается проблемами геодезии, метрологии и, в частности, уровнем Балтийского моря и Ладожского озера.

ковой аппаратуры? Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся сначала к некоторым теоретическим и историческим сведениям, касающимся нашей проблемы.

## Немного теории и истории

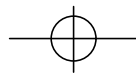
Известны два принципиально различных подхода к объяснению феномена Фенноскандии. Согласно одному из них, доминировавшему с конца XVII до начала XIX в., причина пони-

жения уровня моря — действительное уменьшение объема водных масс, согласно второму, понижение уровня — кажущееся, поскольку обусловлено поднятием земной коры.

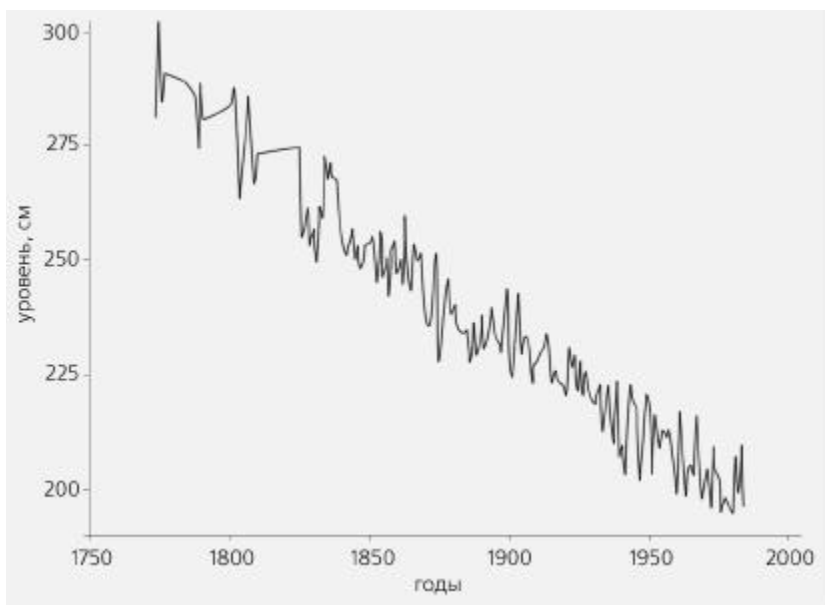
Существуют три основные гипотезы, претендующие на объяснение природы последнего явления. Первая, гляциоизостатическая, постулирует, что жесткая земная кора «плавает» на податливом субстрате по законам гидростатики, погружаясь в него, по мере роста ледниковой нагрузки, «всплывая», при ее уменьшении. Вторая свя-

© Богданов В.И., 2004

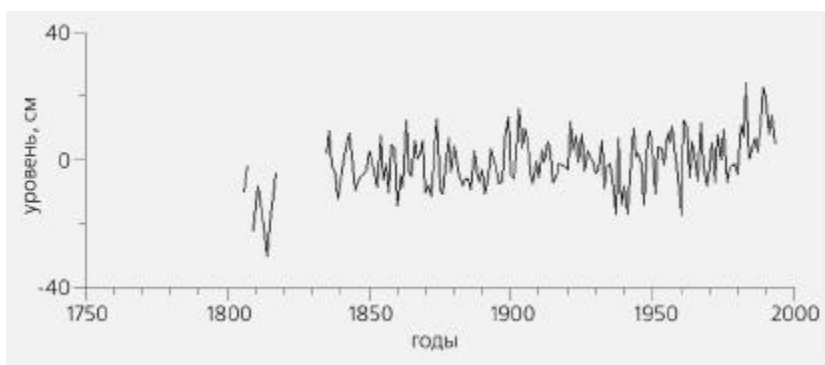




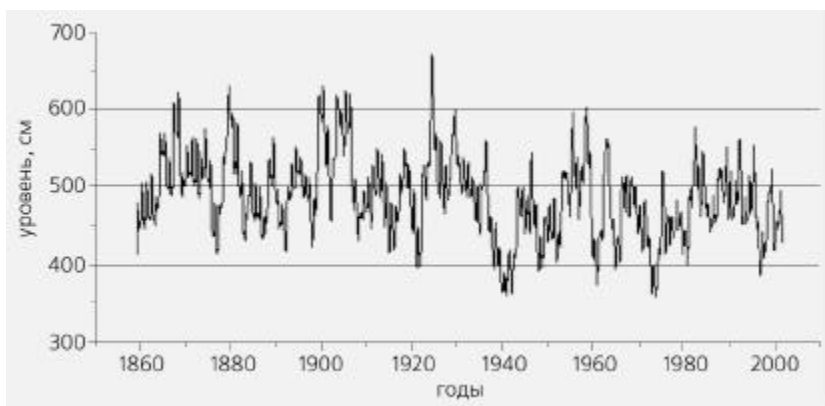
**ОКЕАНОЛОГИЯ. ИСТОРИЯ НАУКИ**



**Уровень Балтийского моря на Стокгольмском футштоке. Среднегодовой ряд наблюдений 1774–1984 гг.**



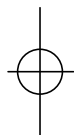
**Уровень Финского залива на Кронштадтском футштоке. Среднегодовой ряд наблюдений 1777–1993 гг.**

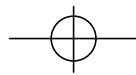


**Уровень Ладожского озера на Валаамском уровнемерном посту (современная версия Гидрометеослужбы). Среднемесячный ряд наблюдений 1859–2001 гг. (по В.И.Богданову, Т.Г.Кравченковой, Т.И.Маловой,**

зывает поднятие региона с тектонической активностью Балтийского щита. Третья, комбинационная, предполагает совместное проявление тектонических и изостатических сил на фоне реального уплотнения и разуплотнения трещиноватой земной коры под воздействием меняющейся ледниковой нагрузки [1, 2]. Согласно всем гипотезам, чем ближе к вершине Ботнического залива (где располагался центр бывшего ледника), тем больше должна быть заметна тенденция к понижению уровня моря со временем, а в отдалении от центра такое понижение уровня практически не наблюдается. Эти предположения подтверждают уровневые ряды Стокгольмского и Кронштадтского футштоков, а также Валаамского водомерного поста на Ладожском озере. Не случайно эту акваторию, а также Белое море, планируют включить в программу инструментальных исследований Международного геодезического и геодинамического проекта «Уровень Балтийского моря» [2].

Первоначальные сведения о вековом понижении уровня Фенноскандии теряются в глубокой древности. Вплоть до XI в. Скандинавия считалась островом, в полном соответствии с ее названием, означающим в переводе с древнегерманского и готского «остров Скандия». При этом смещение ее береговой линии объяснялось понижением уровня Мирового океана. На рубеже XVII и XVIII вв. интенсивно формировалась общая картина этого удивительного явления. Наряду с представлениями выдающихся ученых того времени — И.Кеплера, А.Кирхера, И.Ньютона и др. — об эволюции подземной гидросферы, существующих в горах пустотах, повсеместном уменьшении вод и восполнении их веществом комет, бытовали многочисленные свидетельства местных жителей и рыбаков, мифический эпос скандинавских народов, библейское уче-





ние об «убыли» вод после Всемирного Потопа.

Старейший известный документ об отступании моря в Ботническом заливе — петиция граждан Эстхаммара, которую они подали архиепископу и регенту Швеции в 1491 г. с просьбой о переносе города, поскольку он стал недоступен даже для рыболовных судов [3]. Сведения об аналогичных явлениях приводятся и в книге финских проповедей 1621 г. [4].

Первая известная оценка скорости понижения уровня Балтики — 4–5 шведских локтя за 70 лет, т.е. ~3.8 см/год, — принадлежит Э.Сведенборгу. В 1743 г. А.Цельсий по сведениям об изменении высот тюленьих лежбищ на детально обследованном скальном острове подсчитал, что за 168 лет уровень понизился на 0.45 шведских десятичных дюймов в год (~1.3 см/год) относительно стабильного берега [3]. В 1731 г. он поручил насечь на гранитной глыбе Сварт Галлан, расположенной вблизи Лефгрунда, первую скальную метку «ординарного» (среднего) уровня, «дабы потомство тем лучше дело сие исследовать могло» [5, 6]. Однако представление об островной истории Швеции в прошлом затрагивало национальную гордость ее сограждан, и приводимые А.Цельсием и его сторонниками факты были объявлены ошибками наблюдений или действием ветров. К тому же обобщенные епископом Й.Броваллиусом новые материалы свидетельствовали о различном характере изменения уровня даже в близко расположенных пунктах, что противоречило распространенным тогда представлениям об одинаковом и синхронном характере колебаний уровня на ограниченных по размерам акваториях. Концепция стабильности земной поверхности на этом этапе оставалась доминирующей [7].

В дальнейшем превалировали идеи о кажущемся понижении уровня Балтийского моря

в результате поднятия земной коры. Например, вывод Л.фон Буха о том, что вся страна от Фридрихсгальда в Норвегии до Або в Финляндии и, возможно, до Санкт-Петербурга «медленно и нечувствительно поднимается», разделялся многими исследователями. С этого времени на смену концепции стабильности земной коры приходит концепция стабильности ординарного (среднего) уровня. В настоящее время, помимо векового поднятия Фенноскандии с максимумом ~1.0 см/год на севере Ботнического залива, установлены также горизонтальные деформации, долговременные колебания уровня различной природы, вариации силы тяжести; определены эквипотенциальная (геоид) и динамическая поверхности Балтийского моря [8].

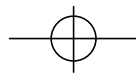
### Для оценки «убыли» моря

Дошедшие до нас сведения о наскальных метках, использованных в последующих измерениях для оценки «убыли» вод Балтийского моря, относятся к концу XVII в. [4]. В следующем веке их уже было немало, особенно в Швеции. В 1837 г. по инициативе К.М.Бэра Петербургская академия наук обратилась в Морское министерство с просьбой создать сеть таких марок, поручив эту работу М.Ф.Рейнеке. Академики А.Я.Купфер, К.М.Бэр и Э.Х.Ленц подготовили инструкцию, содержащую требования к выбору мест и определению локальных ординаров, к насечке наскальных меток и описанию мест их нахождения, а также к сбору и хранению материалов. Уже к 1851 г. существенное отставание России в этой области исследований было ликвидировано, и Рейнеке передал Ленцу материалы о 66 таких метках (их перечень опубликован в 1852 г.). К концу XIX в. на шведских, финских, российских и норвежских берегах было уже более

225 уникальных знаков и около десятка — на Ладожском озере.

Рейнеке начал выполнение этой работы с упорядочения футштоков в военных портах. Оказалось, что их нуль-пункты (нулевые отметки) «значительно не согласны с выводами среднего стояния воды в последние 15 лет, а именно: в Свеаборге нуль стоял выше последних средних выводов на 8.4 дюйма; в Ревеле на 2.6 дюйма; в Кронштадте на 6.9 дюйма (такое смещение связали со штормовой обстановкой наводнения 1824 г. — В.Б.); в Санкт-Петербургском Адмиралтействе на 2 дюйма». В июне 1840 г. все эти футштоки были «переставлены по последним выводам», а их нуль-пункты закреплены насечками на гранитных стенках каналов, набережных и на скале в Свеаборге [9]. К сожалению, преждевременная кончина Рейнеке не позволила довести их исследование до практических рекомендаций. Однако его идея о необходимости фундаментального закрепления нуль-пунктов уровневых рек была поддержана позднее контр-адмиралом С.О.Макаровым: «Полагаю, что во всех местах, где производятся наблюдения над уровнем моря, должны быть высечены на скале вековые марки для того, чтобы при перемене <...> футштоков было бы по чему их устанавливать. Отсутствие вековых марок ведет к тому, что наблюдения одних годов нельзя сравнивать с наблюдениями других, а потому сделанные наблюдения остаются не обработанными, не принося никакой пользы ни мореплаванью, ни науке» [10].

Первое же свидетельство о регулярных водомерных наблюдениях в России и существовании до 1681 г. ординара в Ниеншанце (Ниене), находившегося в нижнем течении Охты при впадении ее в Неву, обнаружено в примечании на карте Э.Дальберга: «При буре с запада, севера и юго-запада вода у Ниена подымается на четыре лок-



**ОКЕАНОЛОГИЯ. ИСТОРИЯ НАУКИ**

тя (~2.3–2.4 м. — В.Б.) выше обыкновенного и причиняет находящемуся там укреплению большой убыток» [11]. Несомненно, что наблюдения за уровнями водных бассейнов и рек, необходимые для оценки условий судоходства вдоль магистральных торговых путей, проводились в какой-то форме и ранее. Однако сведения о таких наблюдениях чрезвычайно скудны и схематичны (геодезические и гидрографические наблюдения стали привязывать к средним уровням морей, озер или рек в XVII в.). Возможно также, что они проводились в допетровское время в крепостях Нотеборг (Орешек, Шлиссельбург) и Кексгольм (Приозерск). Сведения об обычных уровнях широко использовались при обеспечении безопасного судоходства, при промерных работах, проектировании и строительстве фортификационных сооружений.

При решении вопроса о строительстве Петропавловской крепости Петр I, по всей вероятности, пользовался материалами об экстремальных уровнях Невы и ординаре в Ниеншанце. В 1703 г. государь уже был озабочен организацией аналогичных наблюдений у истока Невы и дал поручение Б.П.Шереметьеву «о вымерении Ладожского устья и как подымается полая вода». В XVIII в. уровенмерные наблюдения России были организованы во всех военных портах. В частности, в Кроншлоте они известны с 1707 г., в Петропавловской крепости — с 1715 г. В 1729 г. подобные наблюдения выполнялись также И.Г.Лейтманом на Фонтанке; в 1740 г. — Х.Э.Геллертом на Неве; в 1749–1777 гг. — Шрётером на Мойке, в 840 футах (~256 м) к востоку от Синего моста. На Кронштадтском футштоке регулярные наблюдения известны с 1806 г.; средние значения публиковались с 1815 г.; наблюдения XVIII в. обнаружены пока только за 1777 г. Тем не менее, последнее обстоятельство

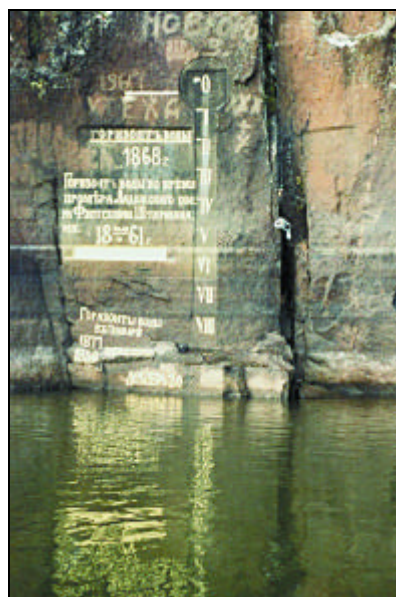
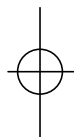
во позволяет с полным основанием отнести Кронштадтский футшток к первой тройке мирового перечня обсерваторий с самыми продолжительными из сохранившихся рядами наблюдений за уровнем моря после Амстердамского (с 1700 г.) и Стокгольмского (с 1774 г.).

**Российские наскальные футштоки**

Особое место в исследованиях Балтийско-Ладожского региона занимали уникальные наскальные Бомарзундский и Валаамский футштоки. Первый из них, «единственный в своем роде стабильный», был создан отечественными гидрографами в небольшой бухте на скалах Аландского архипелага, вблизи недостроенной крепости, взорванной после поражения России в Крымской войне. Он сооружен зимой 1822 г., удлинен летом 1837 г. и состоит из двух шкал, образующих короткий и более длинный (более поздний) масштабы, разделенные на

дюймы и оцифрованные футы. Рядом на скале вырублена в три строки надпись: «1837.», «года.», «мая 31.». К настоящему времени он практически обсох, за исключением периодов осенних подъемов уровня моря [12].

Другой наскальный футшток создан в 1858 г. на о.Валаам, на западном берегу Монастырской бухты, напротив Спасо-Преображенского монастыря, для организации долговременных и «правильных» наблюдений за уровнем Ладожского озера и обеспечения единообразных и точных промеров глубин в процессе экспедиции Гидрографического департамента. По словам начальника этих работ А.П.Андреева, на «гладкой отвесной каменной стене вырубил черту, соответствовавшую уровню озера, при котором производился промер около Валаама. От этой черты вверх и вниз выбили футы и дюймы, и на этом футштоке поставили “0” выше черты на 6 фут» [13]. Тогда же он объяснил инокам, как правильно измерять уровень по футштоку. К настоящему времени сохранились футовые деле-

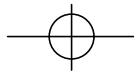


**Валаамский наскальный футшток (Ладожское озеро, Валаамский архипелаг).  
Здесь и далее фото**

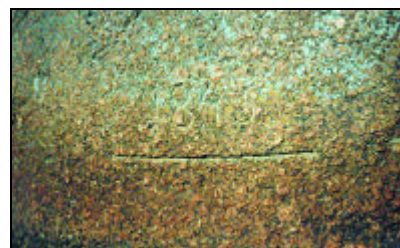
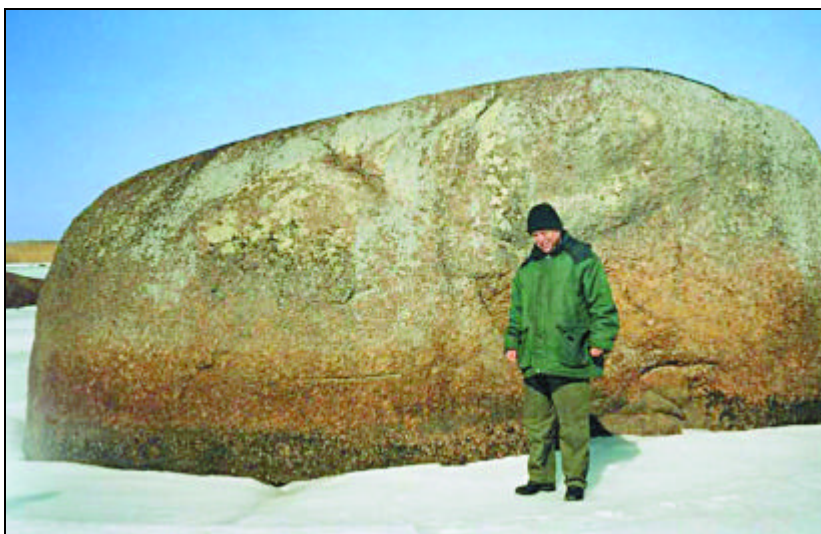


**Наскальная метка ординара 1844 г. Остров Мощный. (Лист полевого журнала, 14.0×19.5 см,**





**Бьеркезундский наскальный футшток. Финский залив, о. Северный Березовый. Общий вид и шкала.**



**Метка ординара 1845 г. на камне в районе пос. Логи.**

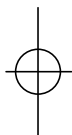
**Общий вид камня с меткой ординара 1845 г. Бывшая «Репинская стойка», район пос. Логи.**

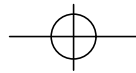


**Наскальная метка ординара 1845 г. Кургальский п-ов, р. Липовка.**



**Маргасов Камень. Остров Северный Березовый, Лоцманская бухта. Метка ординара 1835 г. утрачена в период до**





## ОКЕАНОЛОГИЯ. ИСТОРИЯ НАУКИ

ния, пронумерованные римскими цифрами, и следующие метки и надписи: 1) «Горизонт воды 1868 г.» — черта вырублена на отметке 2 фута по шкале на скального футштока; 2) «Горизонт воды во время промера Ладожского озера Флотскими Штурманами 10 июля 1861» — отметка по на скальному футштоку соответствует 6 футам 2 дюймам; 3) «Горизонты воды в Генваре»; 4) «1877 г.» — отметка по футштоку равна 9 футам; 5) «1859 г.» — отметка по футштоку равна 9 футам 4 дюймам. В 2001–2002 гг. обнаружены новые метки на этом футштоке. Точность его шкалы оказалась достаточно высокой, что показало сличение длин ее футовых делений, определенных в конце XIX и в начале XXI в.

Валаамский на скальный футшток до 1940 г. выполнял метрологическую роль опорного пункта на Ладожском озере. Однако современные измерения уровня озера не связаны непосредственно с ним. К тому же официальный ряд наблюдений искажен с 50-х годов многочисленными поправками в связи с переходами от локальной к абсолютной и от Гельсингфорской к Балтийской системам высот (в последнем случае на 0.06 м); изменением высот реперов по результатам многочисленных водных нивелирований (разброс результатов достигает 0.07 м); учетом «естественного поднятия острова по данным финских исследователей» (на 0.03 м).

В настоящее время разработаны мероприятия по возрождению этого уникального объекта. Наблюдения на нем, совместно с метеорологическими сведениями по региону, позволили последнему наблюдателю и архивариусу, монаху Иувиану (Красноперову Ивану Петровичу, 1880–1957) заблаговременно и мотивированно предсказать катастрофические Ладожское и Ленинградское наводнения 1924 г. Однако известные за полгода причины и высокая ве-

роятность бедствия, и даже само имя автора прогноза, тяжело переживавшего трагедию города, замалчивались в дальнейшем вплоть до XXI в. [14].

В 2003 г., благодаря сообщениям экспедиции Ботанического института РАН и Приморского краеведческого музея, удалось обследовать третий российский на скальный футшток в Балтийско-Ладожском регионе. Он насечен на крупной гранитной глыбе в центральной части о.Северный Березовый в Бьеркезунде (Финский залив). Помимо ординарной линии на камне обозначены штрихами футовые деления и год определения ординара «1844». Футшток и ныне может быть востребован в качестве действующего.

Из огромного числа меток ординаров XIX в., насеченных отечественными военными гидрографами в Финском заливе и центральной Балтике [9, 15, и др.], в современной российской части Финского залива должно было находиться одиннадцать. Часть из них — в южной и восточной его частях — была насечена на крупных каменных глыбах, другая — на скальных обнажениях коренных пород. В 2002–2003 гг. нам удалось обследовать несколько мест, где, по документам, они располагались. В 1835 г. на песчаном берегу о.Северный Березовый капитан корпуса флотских штурманов Маргасов вырубил метку ординара на огромной гранитной глыбе — однако знак не сохранился, по видимому, в результате естественного скола грани в период между 1835 и 1844 г. Четыре других знака в северной части Финского залива, насеченные в 1843–1849 гг., — в Выборгском заливе и к западу от него, — еще ждут своих исследователей.

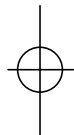
В южной части залива мы обнаружили три крупных камня с отчетливыми метками ординаров на северо-восточном берегу Лужской губы (1845), в р.Липовка, в северной части Кургаль-

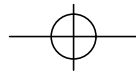
ского п-ова (1845) и на о.Мощный (1844). Последний представляет собой обсохшую глыбу. Поиски еще двух меток в этой части залива успехом пока не увенчались.

## Роль меток XIX в. в современных научных исследованиях

Я уже отмечал, что внедрение в практику измерений уровня самописцев способствовало почти полному вытеснению метода эпизодических повторных измерений по на скальным меткам. Но проблема обеспечения стабильности нуль-пунктов футштоков и мареографов, закрепляемых на неустойчивых искусственных сооружениях или в областях, охваченных природными и антропогенными (техногенными) деформационными процессами, так и не была решена. Ни один нуль-пункт современного уровнемерного поста в Северо-Западном регионе России не отвечает требованиям долговременной и даже 10-летней стабильности, а в некоторых случаях и сохранности. Более того, расположенные рядом уровнемерные устройства, нивелирные реперы и знаки подвержены, зачастую, одним и тем же деформациям земной поверхности. Причем речь идет не о миллиметрах, а о единицах и десятках сантиметров [16].

В сложнейшей проблеме обеспечения долговременной репрезентативности и однородности прецизионных геодезических, геодинамических и уровнемерных наблюдений приоритет, безусловно, принадлежал и принадлежит измерениям, опирающимся на скальные реперы, марки, метки или литографические футштоки. Хотя одни и те же крупные глыбы или валуны могут быть устойчивыми в зависимости от гидрологической обстановки, природы и масштабов деформационных про-





цессов, предпочтительнее все же иметь дело с монолитными обнажениями коренных кристаллических пород.

Широкий спектр, значительные амплитуды и разномасштабный характер проявлений антропогенного фактора требуют поисков новых способов учета его влияния на вековые наблюдения, в том числе, и возврата к практике закрепления нуль-пунктов футштоков и мареографов наскальными метками.

Поскольку Санкт-Петербург, как и другие мегаполисы, оседает по разным причинам, интерес к этому вопросу возродился в процессе решения проблемы Кронштадтского футштока. Для улучшения репрезентативности наблюдений на нем в 1985—1988 гг. был построен Шепелевский дублер и сооружены три глубинных реперных поста скважинной конструкции для фундаментального векового закрепления нулей футштоков и мареографов в Кронштадте, Ломоносове и Шепелеве. Однако, к сожалению, их ввод в экс-

плуатацию никак не отразился на качестве равномерных измерений в районе по программе, специально разработанной Академией наук.

Обнадеживает, впрочем, что в 2002—2003 гг. по договору с Управлением «Морзащита» Правительства Санкт-Петербурга были заложены GPS (Global Positioning System) пункты на каменных глыбах с метками ординаров XIX в. в Кургалове и в районе пос. Логи для привязки их к Государственной нивелирной сети и к пунктам национальной сети Международного геодезического и геодинамического проекта «Уровень Балтийского моря» в Кронштадте, Шепелеве, Выборге и на о. Гогланд.

С позиций фундаментальной науки необходимы комплексные исследования на новой долговременной прецизионной метрологической и технической основе. Лишь при таком методологическом подходе возможно выйти со временем на более полный и совершенный уровень понимания закономерностей

развития региона [17].

У наскальных футштоков и меток ординаров XIX в. есть будущее: в современных научных исследованиях их можно использовать как действующие объекты (Валаамский и Бьеркзундский футштоки); как устойчивые пункты (в случае подтверждения такой устойчивости) для закрепления нулей рядом расположенных равномерных реек и мареографов; в качестве контрольных нуль-пунктов при организации фундаментальных вековых наблюдений; и, наконец, в целях изучения векового тренда кажущегося или истинного понижения уровня Балтийского моря.

Думается, что необходима помощь гидрографических организаций стран Балтийского региона в поисках почти 90 российских марок XIX в., архивные сведения о которых автор передал ранее в геодезические организации Финляндии и Швеции, а также федеральная поддержка программы поисков и исследования в Балтийско-Ла-

## Литература

1. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М., 1988.
2. Bogdanov V.I., Kulinich A.V., Nikolaev N.I., Shustova L.E. Some aspects of studies of gravity field, geoid and phenomenon of Fennoscandia // Reports of the Finnish Geodetic Institute. 1999. №4. P.133—140.
3. Ekman M. A concise history of postglacial land uplift research (from its beginning to 1950) // Terra Nova. 1991. V.3. №4. P.358—365.
4. Bergsten F. The land uplift in Sweden from the evidence of the old water marks // Geografiska Annaler. Stockholm, 1954. Årg.36. N.1—2. S.81—111.
5. [Румовский С.]. Рассуждение о вопросе убывает ли на шаре земном количество воды или постоянно одно и то же количество ея? // Новые ежемесячные сочинения. 1786. Ч.V. С.12—39; Ч.VII. С.83—114.
6. Рундо А.М. Балтийское море в представлении гидрологов ныне и двести лет тому назад. Пг., 1922.
7. Богданов В.И. Эволюция представлений о стабильности земной коры в районе Санкт-Петербурга // Материалы Энциклопедической Библиотеки «Санкт-Петербург-2003». СПб., 1997. С.261—264.
8. Kakkuri J. (Ed.). Geodesy and Geophysics // Publ. of the Finnish Geodetic Institute. 1993. №115.
9. ПФА РАН. Ф.1. Оп.2—1851. Д.31. §304.
10. Извлечение из рапорта от 3 октября 1895 г. командующего эскадрой Средиземного моря контр-адмирала Макарова // Записки по гидрографии. 1896. Вып.17. С.84—90.
11. Гиппинг А.-И. Нева и Ниеншанц. СПб., 1909. Ч.II.
12. Ekman M. Postglacial uplift of the Åland Islands and World's Oldest Preserved Sea Level Gauge. Åland Islands // Publ. of the Summer Institute for Historical Geophysics. 1995. №1.
13. Андреев А.П. Ладожское озеро. СПб., 1875. Ч.I.
14. Богданов В.И., Кравченкова Т.Г., Малова Т.И., Маринич М.А. // ДАН. 2002. Т.396. №5. С.672—675.
15. ПФА РАН. Разряд IX. Оп.1. Д.269.
16. Состояние равномерных наблюдений и проблема Кронштадтского футштока / Ред. Ю.Д.Буланже, В.И.Богданов, И.С.Граммберг, Н.Н.Лазаренко. М., 1986.
17. Богданов В.И. Формирование тысячелетних обсерваторских рядов как фундаментальная научная и техническая проблема // Физическая метрология: теоретические и прикладные аспекты. СПб., 1996. С.45—58.