

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ УРОВЕННЫХ ПОСТОВ СПУТНИКОВЫМ МЕТОДОМ

## Г.А. Шануров (МИИГАиК)

В 1971 г. окончил факультет геодезии МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия», затем работал в отделе инженерных изысканий в/ч 33859. С 1975 г. — аспирант, ассистент, доцент, профессор кафедры высшей геодезии МИИГАиК. Профессор Мадридского политехнического университета.

## В.З. Остроумов (ГОИН)

В 1971 г. окончил факультет геодезии МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». Затем работал в Казахском АГП инженером, начальником Объединенной комплексной экспедиции, начальником плано-производственного отдела, главным инженером предприятия. С 1992 г. — начальник Главного управления геодезии и картографии при Кабинете Министров Республики Казахстан. В настоящее время — ведущий специалист Государственного океанографического института (ГОИН) Росгидромета.

## В.И. Епишин (Астраханское АГП)

В 1966 г. окончил Семипалатинский топографический техникум по специальности «техник», в 1979 г. — заочно Казахский государственный университет по специальности «географ». Работал в Казахском и Туркменском АГП техником, инженером, начальником партии, главным инженером и начальником экспедиции, начальником Госгеонадзора, начальником отдела Главного управления геодезии и картографии при Кабинете Министров Республики Казахстан. С 2000 г. по настоящее время — директор ФГУП «Астраханское аэрогеодезическое предприятие».

Определение уровня моря является важной задачей при проведении комплексного мониторинга, а также при осуществлении хозяйственной деятельности в устьях рек вблизи гидротехнических сооружений, в прибрежной зоне, на шельфе и в открытой части морей и океанов [1]. В связи с внедрением в геодезическую практику спутниковых технологий целесообразно восстановление и создание высотной основы уровенных постов осуществлять спутниковым методом. Это нашло отражение в Федеральной целевой программе «Геодезия России», а на 7-й Межгосударственной сессии Координационного Комитета по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ), состоявшейся 3–4 сентября 2002 г. в Алма-Ате, было признано целесообразным «...создание спутниковых систем наблюдения за уровнем

моря и восстановление высотной основы наблюдений GPS-методами» [2].

В последнее время к определению уровня моря с помощью спутниковых методов проявляется повышенный интерес [1–7]. Например, такие работы выполнены специалистами НИЦ «Геодинамика» (МИИГАиК) в рамках международного проекта SELF-II по изучению изменения уровня моря и тектонических смещений вдоль береговой линии Средиземного и Черного морей [7]. Вместе с тем следует отметить, что в вопросах совершенствования методов определения высот уровенных постов и проведения на их основе мониторинга уровня моря, остается ряд нерешенных проблем. Необходимо повысить точность определения высот, выполнить восстановление, развитие и более надежное закрепление реперов уровенных постов, рас-

пространить систему нормальных высот на все уровенные посты, высоты которых определены на основе применения спутниковых технологий.

В соответствии с [8] в России создается государственная геодезическая спутниковая сеть. При ее создании целесообразно одновременно выполнять привязку реперов уровенных постов, расположенных вблизи акваторий морей и океанов. В результате спутниковая сеть реперов уровенных постов станет составной и неотъемлемой частью спутниковой геодезической сети России, реализуемой с помощью глобальных спутниковых систем позиционирования ГЛОНАСС/GPS. Проблема заключается в том, чтобы отметки реперов уровенных постов, в частности, их высотная составляющая, были получены в единой системе высот и с возможно более высокой точностью. Для повышения точно-

сти определения высот [5] предлагается ввести дополнительный этап обработки результатов спутниковых наблюдений: окончательное уравнивание высот реперов уровенных постов проводить при фиксированных значениях плановых координат, полученных из первоначального уравнивания по стандартным программам.

Процесс наблюдений и обработки результатов измерений связан с конкретными объектами, к которым отнесены эти наблюдения, и с понятием сохранения полученных значений высот во времени. В геодезии такими объектами являются центры пунктов триангуляции и реперы. Конструкции центров, материалы, из которых они изготовлены, места закладки должны обеспечивать неизменность положения центров по высоте, их устойчивость к сезонным изменениям грунта и долговременную сохранность. Поэтому важной проблемой при совершенствовании методов определения высот уровенных постов и проведения на этой основе мониторинга уровня моря является проблема надежного закрепления реперов [9].

Спутниковый метод является мощным средством создания высокоточной геодезической сети уровенных постов как составной и неотъемлемой части высокоточной геодезической сети страны или группы стран. Вместе с тем, любой новый или сравнительно новый метод при всех его достоинствах имеет ряд недостатков. Одним из недостатков, или, скорее, особенностью спутниковых технологий, применительно к определению высот уровенных постов, является то, что отметки реперов, фиксирующих (хранящих) высоты уровенных постов, получают в системе геодезических высот. В работах

М.С. Молоденского предложено использовать нормальную высоту  $H^*(P)$ , а в качестве геоидальной части — высоты квазигеоида  $\zeta(P)$  (аномалии высот). Геодезическая и нормальная высота пункта  $P$  связаны известным соотношением:

$$H(P) = H^*(P) + \zeta(P). \quad (1)$$

Традиционно привязку реперов уровенных постов к государственной нивелирной сети осуществляют методом геометрического нивелирования [10] в сочетании с данными гравиметрической съемки. Отметки этих реперов вычисляют в системе нормальных высот. Системе нормальных высот соответствует строгий метод определения высот квазигеоида, реализуемый только по результатам наземных измерений (геометрическое нивелирование и гравиметрическая съемка). Такой способ разделения высоты на две части, позволяющий на уровне точности выполняемых измерений вычислять каждую составляющую, а значит — и их сумму, стал фундаментальным для разработки современных методик определения нормальных высот.

При проведении спутниковых наблюдений систему геодезических высот задают и фиксируют пункты фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) и высокоточной геодезической сети (ВГС). Геодезическая высота каждого репера сети уровенных постов, получаемая на основе применения спутниковых технологий, определяется относительно пунктов ФАГС и ВГС. Поэтому необходимо решить задачу получения с требуемой точностью значения нормальных высот каждого репера по спутниковым определениям геодезических высот, т. е. установления связи геодезической высоты репера, полученной из результатов спутниковых наблюде-

ний, с нормальной высотой того же репера. При решении такой задачи можно пойти двумя путями.

1. Используя результаты гравиметрической съемки, вычислить значение аномалии высоты  $\zeta(P)_{\text{выч}}$ . Затем, по формуле (1) вычислить значение нормальной высоты репера уровенного поста  $H^*(P)$ .

2. С использованием уточненной модели локального геоида (квазигеоида) на заданный район интерполировать значения аномалии высоты в определяемую точку.

Для перехода от системы геодезических высот к системе нормальных высот вблизи акватории данного моря или океана, необходимо корректно сочетать результаты спутниковых измерений с результатами высокоточного геометрического нивелирования и результатами измерений силы тяжести. Кроме того, необходимо привлекать данные, основанные на моделях локального, на район работ, геоида (квазигеоида), и постоянно уточнять эти модели. В этой области работают многие квалифицированные специалисты, уже получившие весьма обнадеживающие в теоретическом и практическом смысле результаты. Термин «обнадеживающие» означает, что точность результатов определения аномалий высот непрерывно возрастает.

Для получения нормальных высот можно использовать метод интерполяции астрономо-геодезических аномалий высот [11]. Так, например, для получения нормальных высот, связанных с фундаментальной государственной астрономо-геодезической спутниковой сетью в [3], предлагается совместное использование спутниковых наблюдений, гравиметрических данных и данных высоко-

точного нивелирования. При этом, для уменьшения влияния региональных ошибок гравиметрических данных, предлагается в геодезические высоты, полученные по результатам спутниковых наблюдений, вводить поправки  $\Delta\zeta$ , характеризующие расхождения между аномалиями высот, полученными по гравиметрическим данным и вычисленными как разность измеренных геодезических высот и нормальных высот из каталога.

Второй недостаток спутниковых технологий, присущий процедуре создания любой геодезической сети, а не только геодезической сети уровенных постов, состоит в следующем. Практика, да и теория, показывают, что геодезическую высоту пункта получают с ошибкой в 1,5–2 раза превышающей ошибку определения планового положения этого пункта. Одной из основных причин этого обстоятельства, помимо не вполне корректного учета влияния атмосферы на результаты измерений, являются неблагоприятные геометрические условия для определения высоты пункта в сравнении с определением плановых координат этого же пункта. С практической точки зрения ответ на вопрос ясен. Лучше всего определять геодезические высоты пунктов тогда, когда геометрический фактор, в частности, VDOP имеет минимальное значение (близок к единице). В публикациях [5, 6] рассматриваются теоретические соотношения, обосновывающие возможность повышения точности определения геодезических высот, и оцениваются нюансы влияния геометрии спутниковых наблюдений на точность определения геодезических высот уровенных постов.

Для первичной проверки справедливости предположе-

ний, высказанных в статьях [4–6], был выполнен предварительный эксперимент на фрагменте спутниковой геодезической сети, расположенной на Уренгойском нефтяном месторождении. Сначала было оценено влияние VDOP на точность определения высотной составляющей координат. Для этого было выполнено уравнивание одной и той же сети при различных значениях VDOP. Сравнение полученных результатов показало, что средние квадратические ошибки уравниваемых значений высот (превышений)

оказались меньше при меньшем значении VDOP, что подтвердило существующий в этой области практический опыт работы. Затем, было проверено предположение о том, что при использовании того же стандартного пакета программ средние квадратические ошибки уравниваемых значений высот (превышений) уменьшатся, если при окончательном уравнивании будут известны (с достаточной степенью точности) значения плановых координат определяемых пунктов. Для этого, с получением уравни-



**Рис. 1**  
Технологическая схема создания спутниковой сети уровенных постов

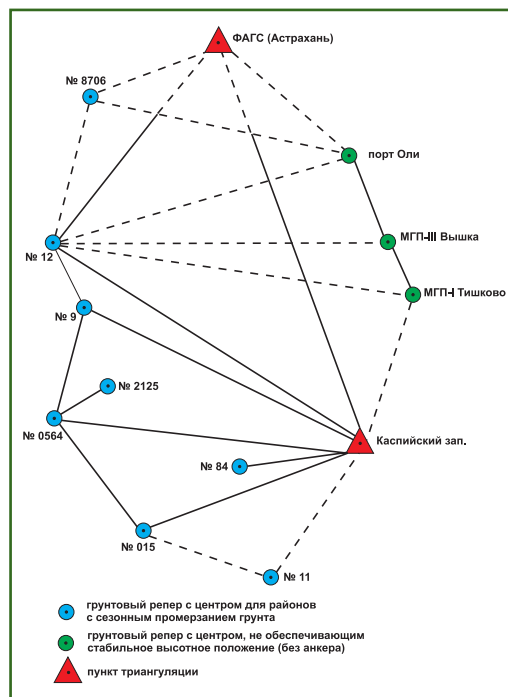
ных значений координат определяемых пунктов с помощью соответствующей опции программного обеспечения Trimble Geomatics Office v. 1.6, были зафиксированы плановые координаты определяемых пунктов. После выполнения указанной процедуры вновь было выполнено уравнивание спутниковой сети с использованием того же программного обеспечения. В повторном уравнивании плановые координаты определяемых пунктов участвовали как исходные величины. С математической точки зрения это означает уменьшение числа неизвестных при уравнивании, что влечет за собой повышение точности оставшихся определяемых величин. С практической точки зрения это значит, что в результате уравнивания спутниковой сети уровенных постов по стандартным программам определяются плановые координаты реперов уровенной сети. С другой стороны, получение из того же набора данных только уравниваемых значений высот реперов, при фиксированных значениях плановых координат этих реперов, неизбежно приведет к повышению точности определения самих высот. Это было подтверждено практическими результатами. Видоизменив процедуру использования стандартного программного обеспечения для уравнивания (как указано выше), ошибку определения высот пунктов сети уровенных постов удалось уменьшить в 1,5–2 раза.

Для подтверждения полученных теоретических выводов и проверки результатов выполненного предварительного эксперимента была создана спутниковая сеть уровенных постов на северо-западном побережье Каспийского моря. В процессе подготовки к работам была выполнена метрологическая аттестация инструментов. Планирование спут-

аэрогеодезическое предприятие». Но не только в этом заключалась необходимость проверки предварительных результатов. В процессе практической реализации полученных выводов могли возникнуть другие проблемы, которые не предусматривались. Поэтому при разработке технологической схемы (рис. 1) был добавлен блок совершенствования структуры уровенных постов, введена процедура использования стандартных программ для повторного уравнивания высот уровенных постов на этапе окончательной обработки, и изменен порядок разработки и согласования с региональными управлениями Росгидромета технических условий на создание сети уровенных постов.

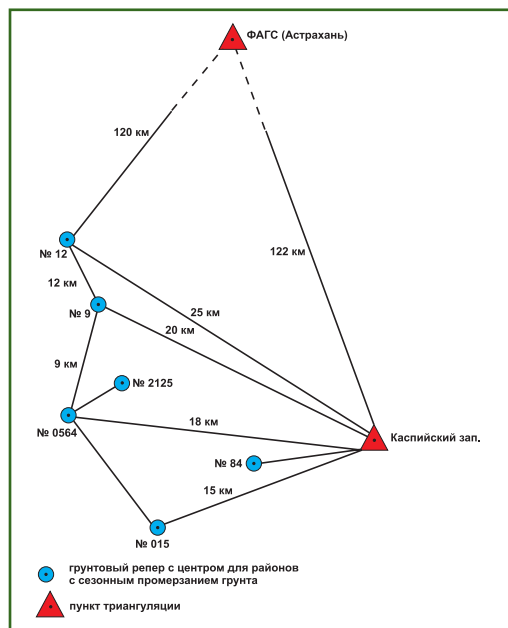
Для практической реализации технологической схемы была организована экспедиция на северо-западное побережье Каспийского моря, которой предшествовала подготовительная работа. Был проведен анализ имеющихся материалов на район проведения работ, который показал, что вблизи находится единственный пункт ФАГС, расположенный в Астрахани. Статус морских уровенных постов имеют следующие посты: Лагань (Каспийский зап.), о. Искусственный, о. Тюлений, Тишково, Вышка и Махачкала.

На картах масштаба 1:200 000 была составлена схема спутниковой сети (рис. 2), по которой проводилось полевое обследование существующей сети и рекогносцировка. В спутниковую сеть уровенных постов дополнительно были включены уровенные посты Лагань, Вышка, Тишково и порт Оля. В процессе подготовки к работам была выполнена метрологическая аттестация инструментов. Планирование спут-



**Рис. 2**  
Схема проектируемой спутниковой сети уровенных постов

никовых наблюдений проводилось в процессе полевого обследования и рекогносцировки. Результаты планирования спутниковых наблюдений показали, что в данном регионе можно с необходимой точностью выполнять наблюдения в



**Рис. 3**  
Схема уровенных постов после полевого обследования



любом часовом интервале времени.

Обследование сети проводилось в соответствии с требованиями инструкции [12]. В процессе полевого обследования выполнялся поиск пунктов на местности, установление сохранности и состояния их центров и внешнего оформления. Поиск пунктов осуществлялся с помощью спутникового навигационного приемника. Ошибка определения местоположения искомых пунктов не превышала 10 м.



**Рис. 4**  
Спутниковая антенна, установленная над геодезическим центром ФАГС

В результате выполненного полевого обследования было установлено, что основные и рабочие реперы в порту Оля, грунтовые реперы № 11 и № 8706 не сохранились на местности. На уровневых постах Вышка и Тишково закрепление



**Рис. 5**  
Спутниковая антенна, установленная над геодезическим пунктом

грунтовых реперов выполнено центрами, не обеспечивающими их стабильное высотное положение, что не соответствует требованиям наставления [9]. Поэтому уровневые посты Оля, Вышка и Тишково были исключены из схемы проектируемой спутниковой сети уровневых постов. В проектируемой спутниковой сети уровневых постов остался уровневый пункт Лагань (Каспийский зап.). Основные грунтовые реперы и контрольный репер на уровневом посту Лагань отсутствуют. В качестве основного репера спутниковой сети уровневого поста Лагань был принят ближайший пункт государственной сети — пункт триангуляции 2 класса Каспийский зап. Отметка этого пункта была получена из нивелирования I класса. Контрольным репером уровневого поста Лагань был принят грунтовый репер № 84, отметка которого получена из нивелирования I класса.

При проведении полевых наблюдений была реализована спутниковая сеть уровневых постов, приведенная на рис. 3. Наблюдения выполняли двумя двухчастотными спутниковыми приемниками ГЛОНАСС/GPS компании JPS Legacy-E-2484 и Legacy-E-2485. Перед выездом на полевые работы над геодезическим центром ФАГС (на крыше девятиэтажного производственного здания Астраханского АГП) была установлена спутниковая антенна (рис. 4). Крепление антенны было выполнено с помощью приспособления для принудительного центрирования.

На остальных пунктах сети центрирование антенны выполнялось с помощью оптического отвеса (рис. 5). В процессе наблюдений антенны были единообразно ориентированы на север. Начальные установки приемника осуществляли на

компьютере с использованием программного обеспечения РС-CDU (JPS). На пункте ФАГС спутниковая аппаратура работала непрерывно в течение всего сеанса наблюдений (около четырех суток).

Перед выполнением спутниковых наблюдений была разработана программа наблюдений, которая включала создание референцного пункта на основном репере уровневого поста Лагань. Наблюдения на референцном пункте выполнялись в течение двух суток в едином сеансе с пунктом ФАГС. Затем приемник с поста Лагань был перевезен на грунтовый репер № 12. Наблюдения на нем проводились в течение суток в едином сеансе с пунктом ФАГС.

Наблюдения на остальных пунктах сети выполнялись в два этапа. На первом этапе наблюдалась веерная сеть, созданная на основе референцного пункта Лагань. В эту сеть были включены удовлетворяющие требованиям инструкции реперы нивелирования I, II классов: грунтовые реперы № 015, 0564, 9, 12 (рис. 3). Длительность сессии составила от полутора до двух часов.

Один из приемников был установлен на базовый пункт Лагань. Подвижный приемник последовательно устанавливали на реперы нивелирования, включенные в наблюдаемую сеть. Такое геометрическое построение, в строгой постановке задачи, не является геодезической сетью, потому что в ней отсутствуют избыточные векторы баз и возможность контроля и отбраковки грубых ошибок. Чтобы устранить эти недостатки веерной сети, на втором этапе работ были выполнены наблюдения по периметру запроектированной спутниковой сети. Время наблюдений во второй сессии на базовой станции составило около суток, на ос-

тальных реперах — от сорока минут до двух часов. Спутниковые наблюдения сети проводились в статическом режиме.

После завершения наблюдений была выполнена постобработка.

Координаты референционной (базовой) станции (уровенного поста Лагань) были получены в системе координат WGS-84 относительно пункта ФАГС (Астрахань). Средние квадратические ошибки определения координат уровенного поста Лагань после уравнивания составили 6 мм в плане и 12 мм по высоте соответственно.

Сначала было выполнено уравнивание спутниковой сети, показанной на рис. 3. При этом выбирали такие интервалы времени наблюдений, когда геометрический фактор VDOP был наименьшим. Средние квадратические ошибки определения высот (превышений) характеризовались величинами

16–17 мм. После получения уравненных значений координат и высот определяемых грунтовых реперов № 015, 0564, 9, 12, с помощью соответствующей опции программного обеспечения были зафиксированы плановые координаты перечисленных выше пунктов, и вновь выполнено уравнивание. После повторного уравнивания средние квадратические ошибки определения превышений (высот) характеризовались величинами 10–11 мм.

Сравнение полученных результатов показывает, что средние квадратические ошибки уравненных значений высот (превышений) при повторном уравнивании (при фиксированных значениях плановых координат определяемых пунктов) уменьшились примерно в 1,5 раза. Полученные результаты подтвердили предположение о том, что, используя пакет стандартных программ, но ви-

доизменив процедуру использования этих программ, можно повысить точность определения высот.

Вычисление нормальных высот пунктов спутниковой сети уровенных постов было выполнено по методике, разработанной специалистами ЦНИИГАиК. Вычисление высот квазигеоида (аномалий высот)  $\zeta(P)$  выполнено комбинированным методом с использованием банка гравиметрических данных, моделей EGM96, GA098 и программного обеспечения, разработанного в отделе геодезии ЦНИИГАиК. При вычислении нормальных высот использовалась формула (1), при этом:

$$\zeta(P) = \zeta(P)_{выч} + \Delta\zeta \quad (2)$$

$$\Delta\zeta = [H(P)_{спутн} - H^{\gamma}(P)_{кат}] - \zeta(P)_{выч}, \quad (3)$$

где  $[H(P)_{спутн} - H^{\gamma}(P)_{кат}]$  — разность геодезических высот  $H(P)_{спутн}$  и нормальных высот  $H^{\gamma}(P)_{кат}$ , взятых из каталога высот пунктов и реперов.

Значения поправки  $\Delta\zeta$

Таблица 1

Название пункта сети	Геодезическая высота $H(P)_{спутн}$ , м	Нормальная высота из каталога $H^{\gamma}(P)_{кат}$ , м	$\Delta$ , м	Аномалия высоты $\zeta(P)_{выч}$ , м	$\Delta\zeta$ , м
Грунтовый репер № 015	-19,680	-15,558	-4,122	-3,876	-0,246
Грунтовый репер № 12	-23,785	-20,004	-3,781	-3,579	-0,202
Грунтовый репер № 9	-20,758	-16,904	-3,854	-3,615	-0,239
Пункт триангуляции Каспийский зап.	-18,974	-14,397	-4,577	-4,290	-0,287

Сравнение вычисленных нормальных высот и их значений из каталога

Таблица 2

Название пункта сети	Геодезическая высота $H(P)_{спутн}$ , м	Аномалия высоты $\zeta(P)_{выч}$ , м	$\Delta\zeta$ , м	Вычисленная нормальная высота $H^{\gamma}(P)$ , м	Нормальная высота из каталога $H^{\gamma}(P)_{кат}$ , м	$\Delta$ , мм
Грунтовый репер № 015	-19,680	-3,876	-0,244	-15,560	-15,558	+2
Грунтовый репер № 12	-23,785	-3,579	-0,244	-19,962	-20,004	-42
Грунтовый репер № 9	-20,758	-3,615	-0,244	-16,899	-16,904	-5
Пункт триангуляции Каспийский зап.	-18,974	-4,290	-0,244	-14,440	-14,397	+43

До определения нормальных высот были вычислены поправки  $\Delta\zeta$ , приведенные в табл. 1. Среднее значение поправки  $\Delta\zeta$  ( $-0,244$  м) сопоставимо с величиной  $0,250$  м, вычисленной в [3], что говорит о достоверности полученных результатов.

Вычисление нормальных высот реперов спутниковой сети уровенных постов и их сравнение с нормальными высотами из каталога высот приведено в табл. 2. При вычислении нормальных высот реперов сети уровенных постов использовалась формула (1) и среднее значение поправки  $\Delta\zeta = -0,244$  м, полученной по вычислениям в табл. 1.

Средняя квадратическая ошибка определения нормальных высот реперов сети уровенных постов, вычисленная на основании совместной обработки результатов спутниковых наблюдений ГЛОНАСС/GPS, гравиметрических данных и данных высокоточного нивелирования, составила около 3 см. Такая точность, пусть косвенно, но подтверждает корректность выполненных ранее теоретических исследований.

Кроме того, полученные результаты по точности находятся на уровне современных наземных способов определения исходных данных для построения моделей локального геоида (квазигеоида).

Однако полученная оценка точности определения нормальных высот обусловлена не только ошибками спутниковых наблюдений. В этой оценке не отражено влияние ошибок геометрического нивелирования и определения аномалий высот. Кроме того, за более чем двадцатилетний период могли произойти изменения в высотном положении реперов, вызванные как сезонным изменением грунтов, так и изменениями тектонического характера. Для

более тщательного учета перечисленных факторов необходимо выполнить одновременные измерения спутниковыми и традиционными классическими методами.

Предложенную методику целесообразно использовать не только для создания геодезической сети уровенных постов на Каспийском море, но и для создания, совершенствования и модернизации наблюдательной уровенной сети на побережьях морей и океанов, омывающих территорию Российской Федерации. Хотя, возможно, эффективность применения разработанной методики в северных районах потребует дополнительной экспериментальной проверки. Эту методику целесообразно использовать не только для повышения точности высот реперов, хранящих отметки уровенных постов, но и пунктов государственной опорной геодезической сети.

#### ▼ Список литературы

1. Васильев А.С., Лапшин В.Б., Лупачев Ю.В., Медведев П.П., Победоносцев С.В. Исследования уровня Каспийского моря по спутниковым альтиметрическим измерениям. — В сб.: Исследования океанов и морей, вып. 209. — СПб: Гидрометеоздат, 2002. — С. 277–292.
2. Материалы 7-й сессии Координационного Комитета по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ). — Алма-Ата: Каспком, 2002.
3. Демьянов Г.В., Майоров А.Н. К вопросу об установлении единой общеземной системы нормальных высот // Научно-технический сборник по геодезии, аэрокосмическим съемкам и картографии. Физическая геодезия. — М.: ЦНИИГАиК, 2004.
4. Калабай К.Б., Остроумов В.З., Шануров Г.А. Применение спутниковых технологий для совершенствования высотной основы уровенных постов Казахстана и России // Геодезия. Картография. Геоинформационные системы. Научное при-

ложение к журналу «Высшая школа Казахстана». — 2003. — № 3. — С. 35–47.

5. Остроумов В.З., Шануров Г.А., Масленников А.В. Повышение точности определения высот уровенных постов // Геодезия и картография. — 2003. — № 11. — С. 25–29.

6. Шануров Г.А., Остроумов В.З. Влияние геометрии спутниковых наблюдений на точность определения геодезических высот уровенных постов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2004. — № 1. — С. 3–12.

7. Assessment of height variations by GPS at Mediterranean and Black Sea coast tide gauges from the SELF projects. *Global and Planetary Change*, 34 (2002). — P. 5–35.

8. Основные положения о создании государственной геодезической сети (ГКИНП — 01-006-03). — М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 2003.

9. Наставление гидрологических станциям и постам. Вып. 9, ч. 1. — Л.: Гидрометеоздат, 1968. — с. 424.

10. Руководящий технический материал. Высотная привязка уровенных постов (ГКИНП-03-215-88). — М.: ЦНИИГАиК, 1988. — с. 41.

11. Огородова Л.В., Юзефович А.П. Аномалии высот в районе московской аттракции и их интерполирование // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2001. — № 2.

12. Временная инструкция по обследованию и восстановлению пунктов и знаков государственной геодезической и нивелирной сетей СССР. — М.: РИО ВТС, 1970. — с. 23.

#### RESUME

A technique for determining geodetic heights of reference stations with satellite receivers and a standard software package is described. Experimental studies were fulfilled on the north-western coast of the Caspian Sea. These studies have shown that the technique offered provides for the double improvement of the accuracy of determining the water level stations' heights (elevations).