

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ДЕТАЛЬНОЙ КАРТЫ ВЫСОТ КВАЗИГЕОИДА НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА**М.Г.ГОДЖАМАНОВ*****Бакинский Государственный Университет***

В статье процесс составления карты высот квазигеоида разбит на три этапа: сбор и анализ исходной справочно-измерительной информации; подготовительный этап - создание цифровой модели рельефа и гравитационного поля; окончательный этап - вычисление высоты квазигеоида и составление карты, и рассмотрены особенности каждого из этих этапов.

Детальные карты высот квазигеоида (ВК) на территории Азербайджанской Республики (АР), которые могли бы с достаточной точностью обеспечить переход к спутниковому нивелированию, отсутствуют. Однако территория страны, включая и морской сектор на Каспии, в гравиметрическом отношении изучена достаточно хорошо [2]. Это создает предпосылки к тому, что при условии разработки соответствующих эффективных методик для вычисления значений ВК можно построить точную карту квазигеоида, которая обеспечила бы переход к спутниковому нивелированию. При этом вычисление ВК необходимо выполнять с учетом территориальных особенностей АР: горная страна; сложное гравитационное поле; существует проблема, связанная с недостаточностью (или же в целом отсутствием) гравиметрической информации на приграничные районы республики и на близлежащие территории соседних стран (Ирана, Армении, Грузии, России), необходимой для интегрирования ВК в ближней зоне; территория республики состоит из суши и морского сектора на Каспии и др.

В целом весь процесс составления карты ВК можно разбить на следующие три этапа.

1. Сбор и анализ исходной справочно-измерительной информации.
2. Подготовительный этап, заключающийся главным образом из создания соответствующих цифровой модели рельефа и гравитационного поля в регулярной сетке меридианов и параллелей.
3. Окончательный этап - вычисление значений ВК и составление карты квазигеоида.

В качестве исходной информации с точностью, достаточной для построения детальной карты ВК используются: гравиметрические каталоги и карты в масштабах 1:1 000 000 и 1:200 000; топографические карты масштаба 1:50 000 - 1:100000; каталоги нормальных высот пунктов; результаты спутниковых координатных определений; гравиметрические, альтиметрические и уровнемерные измерения на море. После анализа качества исходной информации приступают к созданию цифровых моделей рельефа и гравитационного поля.

Современные компьютерные программы по вычислению ВК требуют представление исходной информации, как гравиметрической, так и рельефной, в цифровой форме (модели). Поэтому информации о рельефе и гравитационном поле, первоначально выраженные в виде карт и каталогов, должны быть переведены в цифровую форму. В этих целях можно использовать хорошо известные, стандартные пакет-программы [1]: «Surfer-7» и «Mapinfo» и др.

Процесс создания цифровой модели рельефа или же гравитационного поля с оригинала соответствующих карт проходит через, так называемую в компьютерной графике, операцию «векторизация» изолиний. В результате этой операции создается трехмерная модель (рельефа или же гравитационного поля) в нерегулярной сетке узловых точек. Затем, задавая шаг дискретизации, осуществляется переход к регулярной сетке узловых точек. Шаг дискретности узлов регулярной сетки назначается исходя из условия обеспечения приемлемой точности расчета ВК в ближней зоне, а также в зависимости от аномальности гравитационного поля Земли (ГПЗ). Для территории АР приемлем шаг $5' \times 5'$.

Полагаем, что имеющиеся в распоряжении соответствующих служб (Госкомитета по земле и картографии, Института Геологии НАНА, Министерства экологии и минеральных ресурсов и др.) топографо-гравиметрические материалы будут достаточны для создания цифровой модели рельефа на всю территорию республики (этот процесс геодезической службой АР уже начат), а для модели гравитационного поля только на центральную ее часть. При этом в процессе создания модели в методическом плане особых трудностей возникнуть не будут. Однако, как отмечено выше, для вычисления ВК в приграничных районах нужна детальная гравиметрическая информация (в виде карт масштаба 1:200 000) на близлежащие районы соседних государств. Относительно площади этих районов в работе [6] доказано, что оценка М.С.Молоденским размеров района для интегрирования ВК в ближней зоне вокруг исследуемой точки носит предельный характер и размеры в той или иной степени являются завышенными. Установлено, что в расчетах можно ограничиться узкой полосой учета аномалии силы тяжести шириной в три раза меньше (приблизительно 100 км) по сравнению с существующими требованиями (390 км). Тем не менее, даже в размерах 100 км не доступна детальная гравиметрическая информация на зарубежные территории по разным причинам (режим секретности и т.п.). Думаем, что данную задачу можно решить, если располагать обзорной гравиметрической картой аномалии Буге в масштабе 1:1 000 000 и детальными картами рельефа, например, в масштабе 1:100 000, покрывающих данные приграничные районы соседних государств. В общем случае указанные масштабы топографо-гравиметрических материалов доступны.

Основу предлагаемой методики составляет использование косвенной интерполяции для вычисления аномалий Фая в узловых точках регулярной сетки с шагом $5' \times 5'$ на основе вышеназванных исходных материалов. Последовательность действий схематически показана на рис. 1

При создании цифровой модели гравитационного поля на прибрежные районы (на стыке суши и моря), а также на морские площади следует использовать комплексно все имеющиеся альтиметрические, гравиметрические, спутниковые и уровнемерные измерения на море с учетом топографии дна и толщи во-

ды (по морским топокартам).

После создания цифровых моделей рельефа и гравитационного поля приступают к вычислению значений ВК.

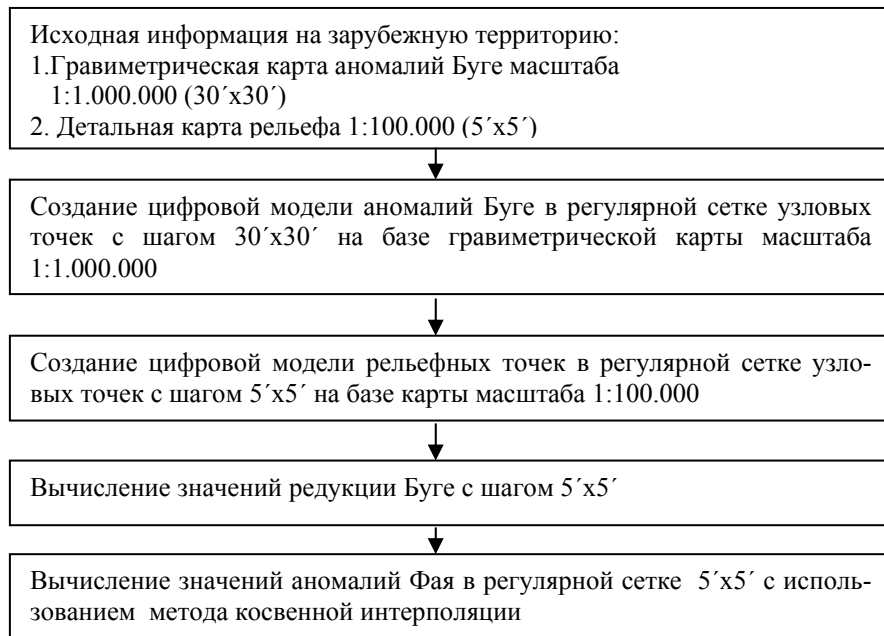


Рис. 1. Технологическая схема составления цифровой модели гравитационного поля на зарубежные приграничные районы

При вычислении ВК по гравиметрическим данным наиболее точный результат достигается комбинированным методом вычисления [1,5]. При этом ВК определяется как сумма двух слагаемых:

1. Первое слагаемое вычисляется по интегральной формуле Стокса в некоторой ближней зоне с радиусом ψ_0 (для АР предлагается $\psi_0 = 1 \div 1,5^0$) вокруг исследуемой точки со средними значениями аномалий на трапециях стандартных размеров.
2. Второе - с использованием параметров глобальных моделей ГПЗ для учета влияния дальних зон.

Формула для вычисления ВК по гравиметрическим данным, полученная О.С.Остачом имеет следующий вид [4, 5]:

$$\bar{\zeta} = \frac{R}{4\pi\gamma} \int_0^{\psi_0} \int_0^{2\pi} \Delta g' [s(\psi) - s(\psi_0)] \sin \psi d\psi d\alpha + \frac{R}{2\gamma} \sum_{n=0}^{\bar{n}} \bar{Q}_n \Delta g_n \quad (1)$$

В формуле (1): R - средний радиус Земли; $\Delta g'$ - средние значения аномалий Фая для трапеций стандартных размеров; γ - нормальная сила тяжести; ψ_0 - сферический радиус ближней зоны; ψ - сферическое расстояние текущей точки относительно пункта вычисления; S(ψ) и S(ψ_0) - функции Стокса для радиусов со значениями ψ и ψ_0 ; \bar{Q}_n - коэффициенты, зависящие от принципа выбора вспомо-

гательной функции $S(\psi_0)$ и величины радиуса ψ_0 ; Δg_n - сферические гармоники планетарной модели.

Как отмечено в [5], значения аномалий Фая в формуле (1) выгодно определять методом косвенной интерполяции через аномалии Буге (Δg_B) или аномалии в неполной топографической редукции ($\Delta g_{н.т.р.} = \Delta g_B + \Delta g_p$, где Δg_p - поправка за рельеф).

Тогда значения аномалий Фая через аномалий в неполной топографической редукции $\Delta g_{н.т.р.}$ (наиболее часто используемый вид аномалия силы тяжести в геолого-геофизических интерпретациях) выражается так

$$\Delta g' = \Delta g_{н.т.р.} + 2Pf\delta H^\gamma \quad . \quad (2)$$

Если в формуле (1) вместо $\Delta g'$ подставить правую часть выражения (2), то (1) приобретет следующий вид

$$\begin{aligned} \bar{\zeta} = & \frac{R}{4\Pi\gamma} \int_0^{\psi_0} \int_0^{2\Pi} \Delta g_{н.т.р.} [s(\psi) - s(\psi_0)] \sin \psi d\psi d\alpha + \frac{R}{2\gamma} \sum_{n=0}^{\bar{n}} \bar{Q}_n \Delta g_n + \\ & + \frac{Rf\delta}{2\gamma} \int_0^{\psi_0} \int_0^{2\Pi} H^\gamma [s(\psi) - s(\psi_0)] \sin \psi d\psi d\alpha \quad , \end{aligned} \quad (3)$$

где δ - принятая плотность горных пород, f - универсальная гравитационная постоянная.

Обозначим в правой части (3) сумму первых двух слагаемых через ζ_1 , третье слагаемое ζ_2 , тогда значение аномалии высоты будет $\zeta = \zeta_1 + \zeta_2$. Здесь ζ_1 - суммарное влияние аномалий в неполной топографической редукции в ближней и дальних зонах, а ζ_2 - влияние притяжения промежуточного слоя H^γ .

Относительно глобальных моделей ГПЗ, используемых в вычислениях ВК, отметим, что в последние годы в различных странах получен целый ряд таких моделей, по уровню детальности соответствующих разложению геопотенциала в ряд сферических функций до 360 степени. К их числу относятся: OSU-91, GFZ-1 и 2, EGM-96, и наконец ГАО - 98 (ЦНИИГАиК).

По оценкам [3], ошибка вычисления абсолютных высот квазигеоида с использованием модели ГАО-98 составляет в среднем $M_s = 20 - 25$ см, а средняя квадратическая ошибка разности высот квазигеоида с дополнительным использованием детальных гравиметрических съемок на расстояниях 200-300 км - $m_{\Delta\zeta} = 3-4$ см. Это означает, что модель ГАО-98 по точности вполне отвечает современным требованиям, предъявляемым, к планетарным моделям ГПЗ и может быть успешно использован наряду с другими моделями ГПЗ для учета влияния дальних зон на территории АР.

Следует подчеркнуть, что в горных районах, в частности в АР, при вычислении ВК нельзя ограничиться обобщенными гравиметрическими и рельефными данными об исследуемом районе, а, наоборот, в таких районах необходимы большая тщательность в вычислениях, детальность в исходной информации,

специальный методический подход к вычислительной процедуре ВК и максимальный учет территориальных особенностей района.

В следующей нашей публикации будут приведены первичные результаты по построению карты ВК для территории АР по вышеописанной методике на основе топографо-гравиметрических материалов, имеющихся у автора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годжаманов М.Г. Особенности детального изучения фигуры квазигеоида на территории Азербайджанской Республики: Материалы Междунар. научно – техн. конф., посвящен. 225-летию МИИГАиК. – М., 24–27 мая, 2004. – С.64–70
2. Кадыров Ф.А. Гравитационное поле и модели глубинного строения Азербайджана. – Баку: изд. ин-та геологии АНА, 2000. – 112 с.
3. Научно-технический сборник по геодезии, аэрокосмическим съемкам и картографии. Физическая геодезия. ЦНИИГАиК. – М.: ЦНИИГАиК, 1999. – 120 с.
4. Остач О.М. Астрономо-гравиметрическое нивелирование: ретроспективный взгляд // Геодезия и картография. – 1994, №3. – С.28–32
5. Пеллинен Л.П. Высшая геодезия (теоретическая геодезия) М.: Недра, 1978. – 264 с.
6. Фам Хоанг Лан. Разработка методов совместного использования разнородной геодезической информации для изучения фигуры Земли в локальном районе: Дис. докт. техн. наук. – М.: 1988. – 225 с.

AZƏRBAYCAN ƏRAZISİNDƏ KVAZİGEOİD YÜKSƏKLİKLƏRİNİN TƏFSİLƏTLİ XƏRİTƏSİNİN QURULMA METODİKASI

M.H.QOCAMANOV

XÜLASƏ

Məqalədə kvazigeoid yüksəklikləri xəritəsinin tərtibatı üç mərhələyə ayrılır: ilkin məlumat - ölçmə informasiyalarının yığılması və təhlili; hazırlıq mərhələsi - relyefin və qravitasiya sahəsinin rəqəmli modellərinin yaradılması; son mərhələ - kvazigeoid yüksəkliklərinin hesablanması və xəritənin tərtibi, həmçinin, bu mərhələlərdən hər birinin xüsusiyyətlərinə baxılmışdır.

THE METHODOLOGY OF THE CONSTRUCTION OF THE DETAILED MAP OF ALTITUDES OF KVAZIGEOID ON THE TERRAIN OF AZERBAIJAN

M.H.GOJAMANOV

SUMMARY

In article the process of map making of altitudes of kvazigeoid is broke into three stages: collecting and analysis initial reference-measuring information; preparatory stage is a creation of digital model of relief and gravitational field; final stage is a calculation of altitudes of kvazigeoid and map making, and considered peculiarities each of these stages.