

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ГЕОИДА УЗБЕКИСТАНА

Фазилова Д.Ш. [Астрономический институт АН Руз. dil_faz@yahoo.com](mailto:dil_faz@yahoo.com)

Магдиев Х.Н. **Национальный Центр геодезии и картографии РУз**



1-5 октября 2018 года

Абстракт. Государственная геодезическая сеть Узбекистана является фрагментом геодезической сети Содружества Независимых Государств. В республике действует система геодезических координат 1942 года (СК-42), исходным для которой является референц-эллипсоид Красовского. В качестве высотной в Республике Узбекистан используется Балтийская система нормальных высот 1977 года. Систематической базы данных для определения нормальных высот спутниковыми методами на территории Республики пока нет. Для реализации комплексных программных мер по совершенствованию координатно-временной основы Государственным комитетом по геодезии, кадастру и земельным ресурсам РУз создаётся современная геодезическая сеть, базированная на ГНСС измерениях. В ходе совершенствования геодезической сети предусмотрено создание: системы референчных пунктов (РГП), спутниковой сети 0-го класса (СГС-0), спутниковой сети 1-го класса (СГС-1). К настоящему моменту уже установлены 50 пунктов данной сети в густонаселенных районах республики для обеспечения работы в реальном режиме времени. Расстояние между базовыми станциями составляет 50-70 км (рис.1). Сегодняшний уровень развития технологий ГНСС в Узбекистане позволяет рассмотреть возможность точного определения нормальных высот методом спутникового GPS нивелирования и с использованием глобальных моделей гравитационного поля Земли. Полученные горизонтальные координаты проектируемой спутниковой сети Узбекистан будут использоваться непосредственно в инженерных приложениях и приложениях для создания крупномасштабных карт. Но, при этом вертикальная составляющая (эллипсоидальная высота) должна быть преобразована в нормальные (или ортометрические) высоты. И, несмотря на поддерживаемый приемниками GPS сантиметрового уровня точности, при отсутствии точной модели геоида результаты уравнивания высотной сети будут намного занижены. Одним из методов, используемых для построения геоида, стало комбинирование современных глобальных моделей гравитационного поля Земли с измерениями GPS. В данной работе выполнена оценка современной глобальной модели гравитационного поля Земли EGM2008 по разностям аномалий высот, вычисленных для проектируемой ГНСС геодезической сети Республики Узбекистан. Выполнено сравнение модельных данных с классическими инструментальными данными.



KITG/IGS/REGINA и KIUB/DORIS (Китаб)



TASH/IGS (Ташкент)

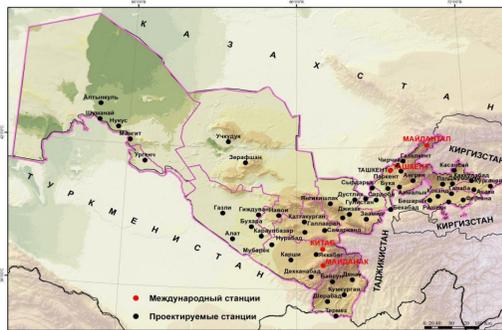


Рис.1. Спутниковая геодезическая сеть республики



AKTD (Акташ/Самарканд)



MADK/CAWA (Майданак)

Исходные данные и метод. Для анализа выбраны 3 типа исходных данных:

- 1) значения эллипсоидальных высот 50 пунктов (H^{GPS}), определенные с декабря 2017 года по 18 мая 2018 года с помощью ГНСС измерений. В связи с тем, что спутниковая высотная сеть находится на этапе реализации, на пунктах СГС-0 выполнены только контрольные измерения организацией BNZ Industrial Support, данные которой использованы для исследования [персональный контакт]. Измерения проводились с использованием приемников Leica GS10
- 2) результаты классического геометрического нивелирования 1 класса, выполненные в рассматриваемой области в период с 1911 по 1936 гг. различными учеными Ташкентской обсерватории и бывшего Военно-топографического отдела, т.к. Залеский, Померанцев. Данные получены из Международного гравиметрического бюро Тулузы [1]. Значения высот ($h^{класс}$), определенные классическими инструментами (пассажный инструмент) были пересчитаны на промежуточные значения сетки, используя метод Топо в растр интерполяции в программном комплексе ArcGIS[2].
- 3) значения аномалий геоида по модели EGM2008 ($\xi_{EGM2008}$), вычисленные с использованием онлайн сервиса немецкого центра исследования Земли GFZ Calculation Service of the International Center of Global Terrestrial Models (ICGEM) [3]. Глобальная модель представлена набором гармонических коэффициентов геопотенциала до 2160-й степени и вычислена по наземным гравиметрическим данным и измерительной информации спутниковой системы GRACE. ICGEM сервис позволяет определить высоты геоида над эллипсоидом WGS-84 с шагом $1^\circ \times 1^\circ$. Гравитационное поле Земли в данном случае представляется в виде ряда сферических функций, а высота квазигеоида определяется формулой:

$$\zeta(B, L, H) = \frac{fM}{\gamma(B, L, h)r} \sum_{n=2}^N \left(\frac{a}{r}\right)^n \sum_{m=0}^n \bar{P}_{nm}(\sin \varphi) (\bar{C}_{nm} \cos \lambda + \bar{S}_{nm} \sin \lambda)$$

Анализ точности вычисления высот геоида для выбранной точки P базировался на оценке разности: $\Delta\zeta(P) = \zeta_H(P) - \zeta_{EGM2008}(P)$

здесь $\zeta_H(P) = H^{GPS}(P) - h^{класс.}(P)$

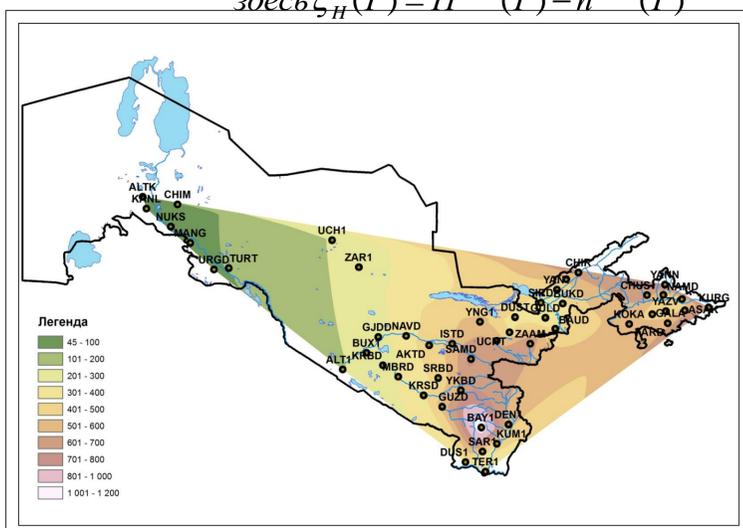


Рис.2. Нормальные высоты по классическим данным

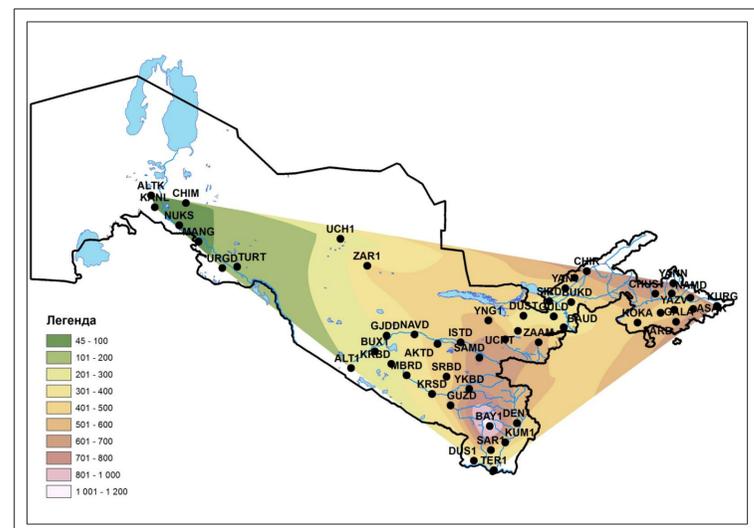


Рис.3. Нормальные высоты по спутниковым (GPS) данным и модели гравитационного поля Земли EGM2008

1. СКО разности нормальных высот, полученных по классическим данным (рис.2) и вычисленных по GPS измерениям и высотам геоида по модели EGM2008 (рис.3) составило 21 м. Следовательно для формирования системы нормальных высот для предварительного анализа можно использовать геоид, вычисленный по глобальным гравиметрическим моделям.
2. Разброс значений разности нормальных высот по двум решениям варьирует -197 (ZAR1) до 94 (KOKA) м, что обусловлено наличием доступной измерительной информации, влияющей на точность интерполяции. И второй фактор, точность модели EGM2008 (СКП на уровне 35 см для высоты квазигеоида) недостаточна для вычисления высот геоида в горной части территории республики.
3. Запланировано в будущем провести сравнение с результатами ГНСС измерений и гравиметрических наблюдений на пунктах сети.

Литература

1. Barthelmes, F. & Köhler, W., 2016 International Centre for Global Earth Models (ICGEM), in: Drewes, H., Kuglitsch, F., Adám, J. et al., The Geodesists Handbook 2016, Journal of Geodesy (2016), 90(10), pp 907-1205, doi: 10.1007/s00190-016-0948-z
2. Fazilova D., Magdiev H. Comparative study of interpolation methods in development of local geoid // International Journal of Geoinformatics, 2018, - V.14, №1. –pp. 29–33.
3. The International Gravimetric Bureau". In: IAG Geodesist's Handbook, 2012 - Journal of Geodesy, V 86, N 10, Oct. 2012, Springer