

УДК 550.8.08

УСТОЙЧИВОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ (БИШКЕКСКИЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН)

М.С. Мажников

Рассчитаны и проанализированы на устойчивость векторы скоростей для GPS-пунктов на территории Кыргызстана за период наблюдения с 1994 по 2013 г.

Ключевые слова: GPS-измерения; устойчивость векторов скорости; временной интервал.

THE STABILITY OF CONTEMPORARY MOVEMENTS OF THE EARTH'S CRUST (BISHKEK GEODYNAMIC PROVING GROUND)

M.S. Mazhnikov

It is calculated and analyzed on the stability of the velocity vectors for the GPS points on the territory of Kyrgyzstan during the observation period from 1994 to 2013.

Keywords: GPS measurements; the stability of the velocity vectors; time interval.

Деятельность лаборатории изучения современных движений земной коры методами космической геодезии Научной станции Российской академии наук главным образом направлена на исследование приповерхностных смещений и связанных с ними геодинамических процессов на территории Центральной Азии. Основным инструментом исследований, которые проводятся с 1992 г., является GPS-метод. Главными параметрами при анализе данных GPS-наблюдений до сих пор являются векторы скорости исследуемых пунктов [1]. В настоящее время возник вопрос о точности и временных вариациях координат, получаемых GPS-методом [2]. Данная работа посвящена изучению стабильности поля векторов скорости для разных временных интервалов на территории Центральноазиатской GPS-сети.

На 2015 г. в базе данных GPS-наблюдений Центральноазиатской сети содержится информация об измерениях 680 пунктов. Но не все они пригодны для анализа временных вариаций координат и векторов скорости. По требованиям технологии обработки GPS-данных к расчетам допускаются пункты, которые имеют не менее трех измерений в течение не менее трех лет. Установки и первое измерение GPS-пунктов ЦА сети производились в течение нескольких лет (рисунок 1).

Однако следует отметить, что с момента установки не на всех пунктах ведутся непрерывные измерения (рисунок 2).

На рисунках 1 и 2 видно, что по плотности сети и частоте измерений территория Кыргызстана наилучшим образом подходит для исследования вре-

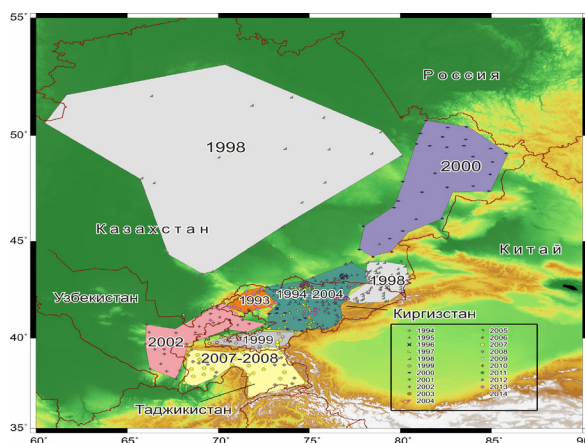


Рисунок 1 – Схема распределения площадей с преимущественным положением GPS-пунктов, установленных и первый раз, и измеренных по годам становления Центральноазиатской GPS-сети, на территории Кыргызстана, Казахстана, Узбекистана и Таджикистана

Таблица 1 – Статистические параметры исследуемых пунктов и их отличия (мм/год)

Параметры	V_{E1}	V_{E2}	ΔV_{E2-1}	V_{N1}	V_{N2}	ΔV_{N2-1}	$ \Delta V $
Минимум (Min)	-7.32	-5.79	1,52	-5.81	-5.87	-0,05	0.10
Среднее (Avg)	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00	0,00	1.13
Максимум (Max)	2.97	2.86	-0,11	6.42	6.71	0,30	6.01
Max-Min	10.29	8.65	-1,64	12.23	12.58	0,35	5.90
Стандартное отклонение	1.31	0.98	-0,33	3.26	3.17	-0,10	0.74
Средний $ Avg-V^* $	0.85	0.72	0,13	2.80	2.73	-0,07	0.54

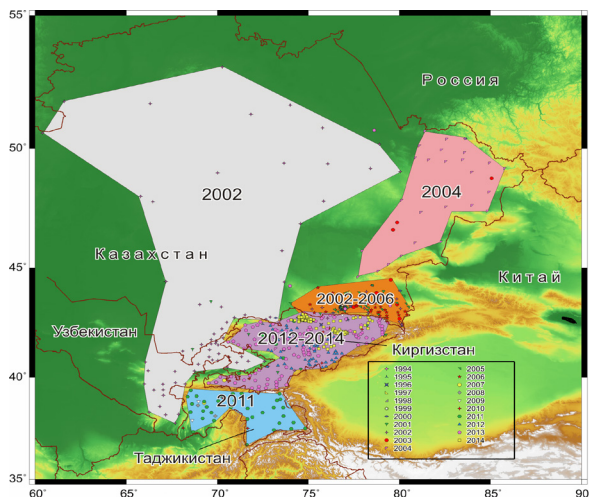


Рисунок 2 – Схема распределения площадей с преимущественным положением GPS-пунктов по году последнего измерения в пределах Центральноазиатской GPS-сети

менных вариаций координат и векторов скорости GPS-пунктов. Для начального анализа было принято решение выделить два временных интервала: 1994–2003 и 2004–2013 гг. При соблюдении перечисленных выше условий для исследования пригодны 183 пункта на территории Кыргызстана.

Для выбранных пунктов были рассчитаны векторы скорости с помощью программного пакета GAMIT\GLOBK [3, 4]. Важно отметить, что для первого и второго временного интервала расчеты векторов скорости проводились при одинаковых прочих исходных условиях и настройках GAMIT\GLOBK [5]. На рисунке 3 показаны векторы скорости для выбранных интервалов.

На рисунке видно, что отдельные векторы претерпели довольно значительные изменения, но в основной массе – это лишь небольшие отличия между векторами первого и второго десятилетия. Для более детального рассмотрения отличий в анализируемых векторных системах обратимся к количественным показателям их разности после проведения процедуры минимизации [1] (таблица 1).

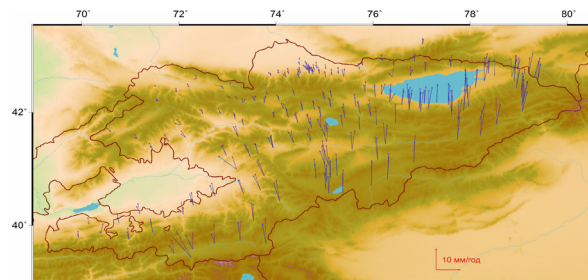


Рисунок 3 – Векторы скорости в системе отсчета EURA 2008 г. для 183 пунктов Кыргызстана. Синие стрелки – результаты наблюдений за 1994–2003 гг. (≥ 3 лет), фиолетовые стрелки – результаты наблюдений за 2004–2013 гг. (≥ 3 лет)

В названиях столбцов таблицы 1 приняты следующие обозначения:

V_{E1} и V_{E2} – восточные компоненты скорости для интервалов 1994–2003 и 2004–2013 гг.;

V_{N1} и V_{N2} – северные компоненты скорости для интервалов 1994–2003 гг. и 2004–2013 гг.;

ΔV_{E2-1} и ΔV_{N2-1} – разность между восточными и северными компонентами соответственно;

$|\Delta V|$ – модуль разности между горизонтальными векторами скорости для интервалов 1994–2003 и 2004–2013 гг.

Так, по модулю разности между одноименными, но разновозрастными векторами отмечается максимум в 6,01 мм/год, а в среднем – 1,13 мм/год. Чтобы понять частотное распределение модулей разности векторов приведем следующие показатели: ≥ 3 мм/год – ~2 % (3), 2–3 мм/год – ~8 % (15), 1–2 мм/год – ~42 % (76) и <1 мм/год – ~48 % (89). Если исключить уровень регулярных ошибок до 2 мм/год, то остается только 10 % случаев, при которых могли происходить геодинамические изменения режима движений GPS-пунктов.

Можно утверждать, что на территории Кыргызского Тянь-Шаня современное поле скорости за 1994–2013 гг. наблюдений на 90 % стабильно в пределах скоростных вариаций <2 мм/год, которые можно отнести к ошибкам измерений.

В дальнейшем следует внимательно изучить временные ряды координат пунктов с максимальными расхождениями векторов скорости за исследуемые интервалы времени. Возможно, эти всплески вызваны не геодинамическими процессами, а какими-то другими факторами, влияющими на подобные расхождения в векторах скорости с течением времени. Подобные прецеденты уже встречались на практике: влияние отдельных некачественных (краткосрочных) измерений, ошибочная замена имен марок, влияние экзогенных факторов и т. д.

Литература

1. Кузиков С.И. Структура поля современных скоростей земной коры в районе Центральноазиатской GPS-сети / С.И. Кузиков, Ш.А. Мухамедиев // Физика Земли. 2010. № 7. С. 33–51.
2. Кузиков С.И. Методические задачи и проблемы точности GPS-наблюдений (на примере Бишкекского геодинамического полигона) / С.И. Кузиков // Физика Земли. 2014. № 6. С. 55–69.
3. Herring T.A. GLOBK: Reference manual: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program. Release 10.4 / T.A. Herring, B.W. King, S.C. McClusky. MIT, 2010. 91 p.
4. Herring T.A. Introduction to GAMIT/GLOBK: Release 10.4 / T.A. Herring, B.W. King, S.C. McClusky. MIT, 2010. 48 p.
5. Мажников М.С. Особенности обработки и представления результатов GPS-измерений / М.С. Мажников // Современные техника и технологии в научных исследованиях: матер. 6-й межд. конф. молодых ученых и студ. Бишкек, 2014. С. 129–133.