

УДК 551.242

В. И. СОМОВ

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СОВРЕМЕННЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЯХ ЗЕМНОЙ КОРЫ В КАРПАТАХ

При изучении глубинных разломов почти всегда обнаруживаются вертикальная и горизонтальная составляющие движения земной коры [9]. Несомненно, что вертикальные движения отдельных блоков в процессе колебаний имеют горизонтальную составляющую, а горизонтальные перемещения блоков, в свою очередь, не могут происходить без некоторых вертикальных их подвижек. Следовательно, движения земной коры вызывают изменение положения точек земной поверхности в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Основным методом получения количественной характеристики современных горизонтальных движений земной коры является метод повторной триангуляции. Совокупность полевых геодезических работ и последующие вычисления дают возможность точно определить относительное изменение положения системы центров, удаленных друг от друга на значительное расстояние и покрывающих обширные территории.

В настоящее время изучение современных горизонтальных движений земной коры проводится в значительном числе стран.

Так, ежегодные наблюдения с 1957 г. на ряде пунктов сети триангуляции, построенной на отдельных участках Сан-Андреасского сдвига (США), позволили определить систематические движения одной стороны сдвига относительно другой. Годовые скорости горизонтальных движений, полученные в результате уравнивания, не постоянны: за 1930—1938 гг. они составили 2 см, а за 1938—1960 гг. — 1 см [15].

Повторные триангуляции в Японии после землетрясений 1923, 1927, 1930 и 1954 гг. выявили смещения земной коры соответственно, до 4; 1,6; 2,6 и 0,4 м [12, 17]. Программа исследований современных движений земной коры, принятая в Японии, предполагает каждые 10 лет повторять измерения во всей сети триангуляции I класса [11].

В Англии и Польше изучаются локальные горизонтальные деформации земной коры, вызванные разработкой полезных ископаемых [12].

В 1964 г. в горной части Татр (Чехословакия) организован полигон для изучения обоих составляющих современных движений земной коры методом пространственной триангуляции [10]. По данным повторных измерений, горизонтальные смещения земной коры в районе Будапешта (Венгрия) достигают 2 см в год [14].

Сопоставление триангуляции I класса 1911—1916 гг. с триангуляцией градусного измерения 1860—1879 гг. в Швейцарии не дало оснований сделать вывод о тектонических смещениях знаков, так как изменения координат были в пределах возможных ошибок измерений [16].

В настоящий период мы располагаем очень ограниченными данными о современных горизонтальных движениях земной коры в нашей стране.

На территории, охваченной ашхабадским землетрясением 1948 г., отмечены крупные расхождения между вновь измеренными углами и их прежними значениями, достигающие $10-12''$. Величина смещения геодезических знаков достигает $1,8$ м [7]. По результатам повторных наблюдений сети триангуляции в районе Авачинского вулкана за три года не обнаружено изменений длин сторон, выходящих за пределы возможных ошибок измерений [3].

На Крымском геофизическом полигоне, созданном для изучения глубинного строения и современных тектонических движений, в 1962—1963 гг. были выполнены дважды угловые наблюдения на 18 пунктах триангуляции и светодальномерные измерения 12 сторон этой сети [1].

Карпатская геосинклинальная область является одной из наиболее тектонических и сейсмических областей Украины, где современные вертикальные движения земной коры достигают максимальной величины — 11 мм/год [13]. Несомненно, что и современные горизонтальные движения здесь также должны характеризоваться значительной активностью. Подтверждением этого могут служить хорошо известные данные о крупных надвигах в Карпатах [8].

Территория Советских Карпат покрыта густой сетью триангуляций различных классов, выполненной в разные годы XIX—XX столетия. Поскольку скорости медленных тектонических движений земной коры характеризуются величинами $1-2$ см/год, то понятно, что нас интересуют в первую очередь высокоточные сети триангуляции. Таким требованиям соответствует триангуляционная сеть, построенная в 1860—1898 гг. Венским военно-географическим институтом.

Для определения интенсивности и направленности современных горизонтальных движений земной коры мы используем часть триангуляции 1860—1898 гг., состоящую из нескольких треугольников.

Пункты этой сети охватывают все основные тектонические зоны юго-западного склона Карпатского горного сооружения.

Стороны сети пересекают продольные глубинные нарушения примерно под прямым углом. Существенно важным моментом является также то, что пункты сети размещены по обе стороны основного поперечного глубинного разлома Стрый—Берегово.

При построении триангуляционной сети 1860—1898 гг. использованы господствующие вершины местности. Длины сторон колеблются в пределах $20-45$ км. При наблюдении на пунктах триангуляции применялся способ измерения углов во всех комбинациях [6].

Максимальные невязки в треугольниках сети составляют $2''$, 24 . Средняя квадратическая ошибка измеренного угла, вычисленная нами по формуле Ферреро, равна $0''{,}7$.

Полевые измерения, проведенные в конце прошлого столетия, можно считать высокоточными, чего нельзя сказать о самом уравнивании триангуляционной сети 1860—1898 гг. Точность измерения углов соответствует требованиям I класса согласно «Инструкции о построении государственной геодезической сети Союза ССР», 1961 г.

Высокоточные повторные наблюдения, выполненные через $3/4$ столетия на пунктах этой же сети, установили изменения углов до $3''$. Для 12 углов сети расхождения превышают среднюю квадратическую ошибку разности измеренных углов. В то же время разности ошибок предыдущего и последующего измерений одних и тех же углов на различных пунктах триангуляции в основном будут иметь случайный характер, так что влияние их может быть компенсировано [5].

При определении величины линейного смещения пунктов, на сдвиг которых указывают изменения углов, весьма важным является выбор базиса, длина и азимут которого для обоих измерений является постоянной величиной. Это предположение равносильно тому, что концы базиса не изменяют своего взаимного положения или имеют только один параллельный сдвиг. Понятно, что предположение о неподвижности базиса вносит в результаты повторных измерений соответствующие ошибки, величины которых остаются неизвестными и зависят от размеров движений земной коры, происшедших между предыдущими и последующими геодезическими работами.

Таким образом, вычисления в ранее принятой системе координат, начало которой совпадает с одним из концов базиса и направление которой ориентировано при помощи азимута на второй его конец, дают возможность определить только относительные разности горизонтальных движений отдельных блоков земной коры.

При выборе базиса мы исходили из того, что в рассматриваемом треугольнике изменение углов должно быть минимальным. Это подтверждало бы относительную устойчивость или одинаковую направленность и равную интенсивность смещения его концов.

Исходя из геологических соображений, целесообразно, чтобы этот треугольник находился в одной тектонической зоне.

С учетом вышеизложенного нами за базис принята сторона сети триангуляции, расположенная в Закарпатском внутреннем прогибе параллельно основным продольным нарушениям.

После уравнивания углов первого и второго измерений по способу наименьших квадратов вычислялись координаты пунктов относительно принятого исходного начала. По разностям значений координат этих пунктов определены направление и величина сдвига каждого пункта, обусловленного современными тектоническими движениями земной коры.

Максимальные линейные смещения, достигающие 1,10 м, отмечаются для пунктов, расположенных в горной части Советских Карпат и наиболее удаленных от исходной стороны. Без сомнения, в некоторой мере мы имеем дело с накоплением систематических ошибок геодезических измерений.

Чтобы убедиться в достоверности полученных результатов, было проведено также графоаналитическое уравнивание первого и второго измерений сети триангуляции.

В целом пункты, расположенные в Складчатых Карпатах, смещаются в юго-западном направлении, а пункты Закарпатского внутреннего прогиба — в северном.

Геодезическими данными отчетливо фиксируется крупноблоковая структура Закарпатья, состоящая из двух блоков, разделенных глубинным тектоническим разломом. Диаграмма направленности вертикальной (B) и горизонтальной (G) составляющих современных движений земной коры на контакте этих двух основных тектонических единиц региона показывает, что плоскость разлома уходит под Складчатые Карпаты (см. рисунок). Последнее подтверждается выводами, сделанными А. Матейко [2]. О современной активности этого разлома свидетельствуют также периодически повторяющиеся землетрясения [5].

Расхождения измеренных углов в треугольниках минимальные, если пункты, образующие треугольник, расположены в пределах одной тектонической зоны и резко возрастают, когда стороны сети пересекают глубинные нарушения. Эта закономерность отмечена и для Предкарпатья. Интенсивность горизонтальных смещений здесь выше, о чем свидетельствуют большие изменения углов на пунктах сети.

Величина относительного смещения пунктов для северо-восточного склона Карпат возрастает по мере продвижения с севера на юг. Так, в северной части Предкарпатского краевого прогиба смещение пунктов, расположенных по обе стороны глубинного разлома, разделяющего Внутреннюю и Внешнюю зоны, указывает на сдвиг вдоль него до 0,7 м.

Таким образом, максимальные значения обеих составляющих современных движений земной коры отмечаются для горной части Советских Карпат.

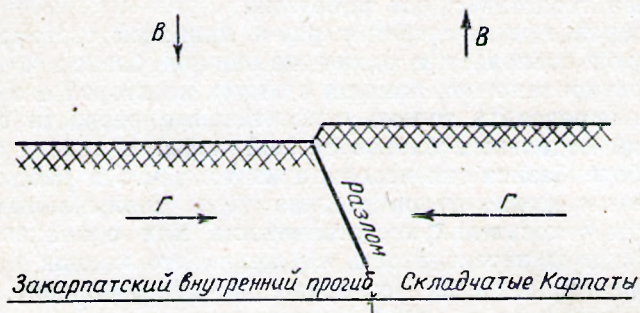


Диаграмма направленности вертикальной и горизонтальной составляющих современных движений на контакте складчатой части и прогиба в Закарпатье.

Вторичными повторными измерениями, проведенными на ряде пунктов, также выявлены изменения углов за период в несколько лет, превышающие ошибки измерений. Кроме подтверждения вышесказанного, эти данные позволяют говорить о неравномерности проявления современных горизонтальных движений земной коры во времени.

Количественные характеристики современных горизонтальных движений земной коры в Советских Карпатах, составляющие 0,4 см/год для юго-западного их склона и 0,9—2,3 см/год — для северо-восточного, хорошо согласуются с данными, полученными за рубежом.

Важно также отметить, что существующая сеть триангуляции, построенная в конце прошлого столетия и состоящая из небольшого числа треугольников, при условии применения дальномерных средств (свето- и радиодальномеров) даст возможность определить величину и направленность систематических горизонтальных движений земной коры на территории Советских Карпат. Использование этой сети позволяет отказаться от построения специальных сетей и отдельных геодезических фигур с целью изучения медленных и быстрых смещений по тому или иному глубинному разлому региона.

Проведенное изучение обеих составляющих современных тектонических движений в значительной мере дополнит представление о развитии и строении земной коры Карпат.

Считаем своим долгом выразить сердечную благодарность профессору Н. К. Мигалю, под руководством которого выполнены данные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Благоволин Н. С. В сб.: «Современные движения земной коры», № 2, Изд-во АН ЭССР, Тарту, 1965.
2. Будай Т., Магелъ М., Матейко А. [и др.]. Тектоническое развитие Чехословакии. ИЛ, М., 1963.
3. Дмитриев Л. Б. Бюллетень вулканолог. ст., № 43. Сибирское отделение АН СССР, 1967.
4. Евсеев С. В. Землетрясения Украины. Изд-во АН УССР, К., 1962.

5. Изотов А. А. Труды совещания по методам изучения движения и деформации земной коры. М., 1948.
6. Иордан В. [и др.]. Руководство по высшей геодезии, ч. 1. М., 1963.
7. Колибаев В. А. «Геодезия и картография», № 5, 1962.
8. Ладыженский Н. Р., Антипов В. И. Геологическое строение и газо-нефтеносность Советского Предкарпатья. Гостоптехиздат, М., 1961.
9. Лукьянов А. В. Труды ИГ АН СССР, вып. 80. Изд-во АН СССР, М., 1963.
10. Материалы симпозиума в Праге по фигуре Земли, М., 1964.
11. Мещеряков Ю. А. В сб.: «Современные движения земной коры», № 2. Изд-во АН ЭССР, Тарту, 1965.
12. XI Генеральная ассамблея МГГС. Изд-во АН СССР, М., 1959.
13. Сомов В. И. Геодезия, картография и аэрофотосъемка, вып. 7. Межведомственный республиканский научно-технический сборник. Изд-во Львовского ун-та, Львов, 1967.
14. Bendefy L. Geokinetic and crustal structure conditions of Hungary as recorded by repeated precision levelings. «Acta geol. Acad. scient. hung». N. 8, N 1—4, 1964.
15. Buford K. Meade. Horizontal crustal movements in the United States. General assembly. 1963.
16. Kobold F., Habib A. Über einen Versuch, aus dem Vergleich der Landestriangulation erster Ordnung von 1911 bis 1916 mit der Grandmessungstriangulation von 1860 bis 1879 Krustenbewegungen in der Schweiz nachzuweisen. «Schweiz. Z. Vermessung», 64, N 7, 1966.
17. Tsuboi C. Investigation on the deformation of the earth's crust found by precise geodetic means. Japanese journal of astronomy and geophysics. X, N 2, 1933.

Работа поступила

13 октября 1967 г.
