

УДК 625.725

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА СПИТАКСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

канд. техн. наук Л.В. МАНУКЯН

(Ереванский государственный университет архитектуры и строительства, Республика Армения)

*Представлен анализ материалов геодезических наблюдений, выполненных на территории Армении с разной периодичностью. Приведены данные о хронологии мониторинговых геодезических измерений, расположении Спитакского геодинамического полигона, карт схема современных вертикальных движений земной коры. Отмечено применение современных приборов и технологий для исследования в районе Спитакского геодинамического полигона. С целью изучения вертикальных движений земной коры на Спитакском геодинамическом полигоне предусматривается выполнение нивелирования I класса, причем в зоне активного разлома нивелирные работы необходимо производить 3-мя циклами, по одному циклу в год.*

Территория Армении находится в зоне соприкосновения Арабской и Евразийской платформ. По современным спутниковым наблюдениям, Арабская платформа по отношению к Евразийской движется к северо-западу со скоростью  $28 \pm 3$  мм в год. По этой причине постоянно происходит деформация Земной коры в зоне Арабской и Евразийской платформ вообще и в Армении в частности.

В недалеком прошлом для решения задач исследования на геодинамических полигонах с целью анализа предвестников землетрясений наиболее широко применялось только многократное геометрическое нивелирование коротких линий, расположенных в сейсмоактивных районах. Сегодня для этих задач эффективным является использование непрерывных спутниковых GPS-измерений коротких базовых линий, расположенных в сейсмоактивных районах и дублирующих указанные линии многократного геометрического нивелирования. Целесообразно организовывать одновременные спутниковые и классические нивелирные измерения на прогностических линиях с целью геодинамического анализа, а также анализа точности определения разностей превышений спутниковыми методами, что на сегодня является недостаточно изученным вопросом. С целью повышения надежности выводов о геодинамической активности региона и оценки пространственных закономерностей деформирования земной поверхности в сейсмоактивных районах целесообразно создавать геодинамические полигоны и выполнять GPS-измерения [1].

**Основная часть.** Как известно, цель геодезических измерений на геодинамических полигонах – выявление предвестников землетрясения, геодезического мониторинга движений земной коры, решение целого ряда задач микросейсмрайонирования для проектирования и строительства критичных к движениям земной коры инженерных сооружений: атомных электростанций, тоннелей, магистральных нефтяных и газовых трубопроводов, крупных мостов и т.п.

Крайне необходимо наряду с мероприятиями, проводимыми Национальной службой сейсмической защиты Республики Армения, параллельно организовывать изучение движений земной коры на геодинамических полигонах при помощи геодезических измерений, так как анализ результатов повторных измерений позволяет выявлять кинематические предвестники готовящихся землетрясений. На рисунке 1 представлена схема расположения Спитакского геодинамического полигона.

Периодически в районе Спитакского землетрясения прокладывались повторные нивелирные линии начиная с 1910–1911 годов, которые затем продолжились в 1938–1940 годах. 9 июня 1972 года в Ереване приказом Главного Управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР в системе Главного управления геодезии и картографии была организована мощная организация – Армянский Государственный институт инженерно-геодезических изысканий и съёмки (АрмГИИГИС), которая была обеспечена передовым на тот период геодезическим оборудованием. АрмГИИГИС возобновил выполнение Государственного высокоточного нивелирования I и II классов с целью изучения геокинематики современных вертикальных движений земной коры.

В районе Спитакского землетрясения были выполнены работы в октябре–ноябре 1988 года, а также после разрушительного землетрясения декабря 1988 года, затем в январе и марте 1989 года.

На основании повторных нивелировок было установлено, что в очаге Спитакского землетрясения происходят вертикальные движения земной коры с интенсивной скоростью.

Анализируя карту современных вертикальных движений земной коры масштаба 1:2 500 000 (рис. 2), составленную на южную окраину Кавказа по результатам геодезических измерений, видно, что максимальный подъём земной поверхности происходит от Гюмри (Ленинакан) на север, достигая скорости  $+13,5$  мм/год. На местности в этом районе было увеличено количество закладных точек геодези-

ских реперов. В самом эпицентре расположено Арпиличское водохранилище на высоте более 2000 м протяженностью 700 м. Водоохранилище находится между городом Гюмри (Ленинакан) и городом Ахалкалаки. Вдоль автомобильной дороги между этими городами на протяжении 90 км были заложены реперы разной конструкции для исследований причин столь значительных движений земной коры [2].



Рис. 1. Схема расположения Спитакского геодинамического полигона

В настоящее время в Зоне Спитакского землетрясения имеем следующую геодезическую изученность:

- 1) 1969–1972 годы – Тбилиси – Нахичеван – Алят;
- 2) 1977–1980 годы – объект А.03.0052 «Эчмиадзин – Спитак»;
- 3) 1979–1981 годы – объект 4.03.0085 «Джавахетский»;
- 4) 1987–1988 годы – объект «Акстафа – Фантан»;
- 5) 1989–1990 годы – объект «Зона Землетрясения»;
- 6) 2002–2006 годы – реконструкция Главной высотной основы Республики Армения.

После реконструкции Главной высотной основы стало возможным решить целый ряд научных, экспериментальных и практических задач, таких как исследование продольных и поперечных линий разломов после землетрясений на территории Армении и создание локальных геодинамических сетей для

исследования динамических движений земной коры. Впервые в Армянской Республике реконструкция Главной высотной основы успешно осуществилась с применением новых цифровых технологий.



Рис. 2. Карта современных движений земной коры по результатам геодезических измерений

Имея геодезическую изученность в Зоне Спитакского землетрясения (работы 1–6, разные периоды 1969–2006 годов), стало возможным произвести анализ результатов измерений прежних лет, результаты которого проиллюстрированы диаграммой (рис. 3).

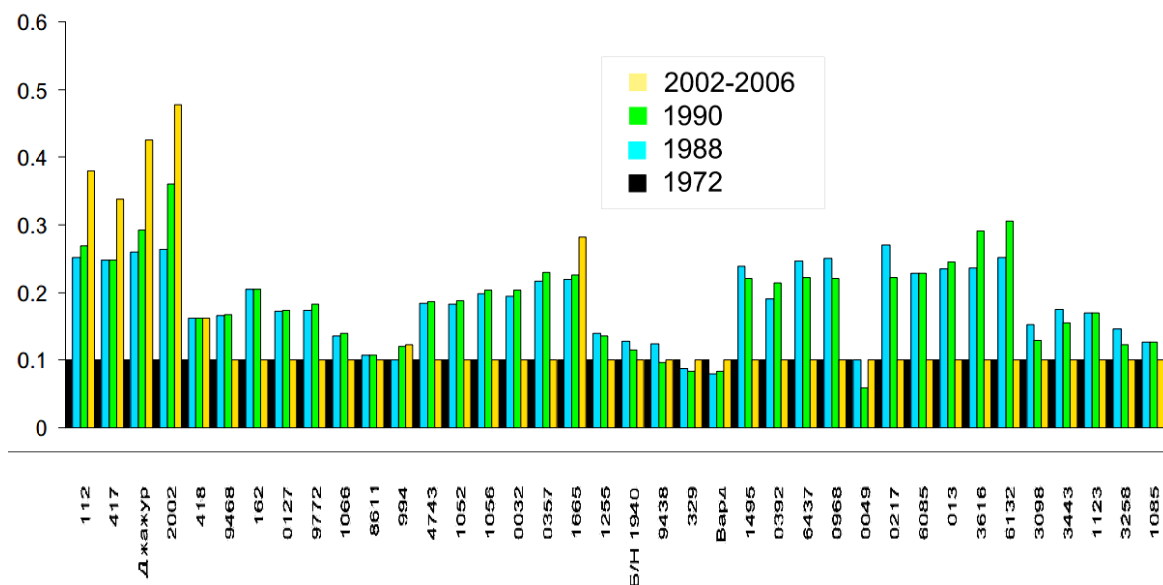


Рис. 3. Хронологический мониторинг результатов измерений в Зоне Спитакского землетрясения

Анализ ведомости превышений, а также анализ высот реперов и марок показал, что за прошедший период максимальный подъем земной поверхности на территории юго-западного региона Спитакского геодинамического полигона составляет 4,7 мм (см. ст. марка Б/Н Джаджур, реперов 2002, 112, 418, 417 и 1255), что подтверждается также картой современных вертикальных движений земной коры, представленной на рисунке 2). Исследования по линии с интервалом в 16 лет показали, что сохранилось всего 6 реперов, остальные в результате землетрясения и разных причин уничтожены [3].

Разность между превышениями, полученными при повторном и первом нивелировании, определяется по следующей формуле:

$$\Delta h = h_{\text{нов.}} - h_{\text{стар.}}$$

Относительно первого знака подсчитано накопление этих разностей  $\sum \Delta h$ .

Скорости современных движений между смежными знаками можно вычислить следующим образом:

$$\Delta V = \frac{\Delta h}{\Delta T} = \frac{h_{\text{нов.}} - h_{\text{стар.}}}{\Delta T}.$$

В 2013 году работы в Зоне Спитакского землетрясения вновь возобновлены и это предоставляет возможность, имея результаты прежних измерений на вышеперечисленных объектах, произвести геодезический мониторинг движений земной коры. С целью изучения вертикальных движений земной коры на Спитакском геодинамическом полигоне предусматривается выполнение нивелирования I класса, причем в зоне активного разлома нивелирные работы необходимо производить 3-мя циклами, по одному циклу в год. Техническая оснащённость в настоящее время позволяет получать большую точность геодезических измерений, чему способствует наличие на вооружении Комитета кадастра недвижимости цифровых нивелиров NA-3003 и применение инварных реек типа GPCL3. В результате уравнивания всех циклов измерений могут быть получены значения скоростей современных вертикальных движений земной поверхности в узловых реперах сети, имеющих два и более циклов нивелирования.

По результатам геодезических измерений открывается возможность создания карт современных движений земной коры на Спитакском геодинамическом полигоне. Данные о современных вертикальных движениях вдоль линий повторного нивелирования и карты современных вертикальных движений позволят выявить локальные районы с интенсивными вертикальными деформациями, что необходимо для принятия решений о детальном изучении путей создания геодинамических и техногенных полигонов.

**Заключение.** На основании геодезических наблюдений в сейсмоактивных зонах Республики Армения можно спрогнозировать предполагаемый эпицентр будущего землетрясения. Анализ результатов измерений станет возможным только после завершения необходимых геодезических наблюдений и окончательного уравнивания на Спитакском геодинамическом полигоне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Манукян, Л.В. Применение новых цифровых технологий с целью изучения геокинематики современных вертикальных движений земной коры / Л.В. Манукян // Изв. Армянской с.-х. акад. – 2005. – № 5. – С. 92–96.
2. Яценко, В.Р. Геодезический мониторинг движений земной коры (по материалам Кавказского региона) / В.Р. Яценко, Х.К. Ямбаев. – М., 2007. – 208 с.
3. Манукян, Л.В. Исследование вертикальных движений земной коры с применением новых цифровых технологий / Л.В. Манукян // Сб. ст. Ереванского гос. ун-та архит. и стр-ва. – 2005. – Т. III(25). – С. 151–154.

Поступила 24.01.2014

#### GEODESIC MONITORING OF THE EARTH'S CRUST MOVEMENT ON THE SPITAK GEODYNAMIC POLYGON

L. MANUKYAN

*In the article the analysis of materials of geodesic observations is presented. These observations were made on the territory of Armenia at different intervals. The data about the chronology of monitoring geodesic measurements; about the location of the Spitak geodynamic polygon, the map of modern vertical movements of the Earth's crust are given. The application of modern devices and technologies for the research in the Spitak geodynamic polygon are observed. To study the vertical movements of the Earth's crust in the considered area leveling of the first class is necessary. Moreover, in the active fault zone leveling operation must be carried out by 3 cycles of one cycle per year.*