

ուղղությամբ ինստիտուտը առաջատար տեղ է գրավում երկրում, ցույց է տրված առաջատար գիտնականների դերը հիմնարար գիտական ուղղությունների զարգացման գործում, համառոտակիրեն շարադրված են ինստիտուտի ձեռք բերած կարևորագույն գիտական նվաճումները և տեղեկություններ են բերված արտադրության մեջ գիտական արդյունքների ներդրման, գիտական կադրերի պատրաստման, լարորատոր-փորձարարական բազայի ստեղծման, գիտական կապերի զարգացման և, ընդհանրապես ինստիտուտի գիտակազմակերպչական գործունեության մասին: Ելնելով ՍՄԿԿ 27-րդ համագումարի որոշումներից, նշված են երկրաֆիզիկական և երկրաշարժաբանական գիտությունների զարգացման հիմնական տեղեկանքները:

S. V. BADALIAN

## THE INSTITUTE OF GEOPHYSICS AND ENGINEERING SEISMOLOGY (TO THE 25<sup>th</sup> ANNIVERSARY OF FOUNDATION)

### A b s t r a c t

The brief history of the Institute as well as the process of its activity different scientific branches development are brought in this paper. There are emphasized the scientific aspects which provide the leading role of the Institute in our country and the activity of scientists whose fundamental investigations are of a great interest. The general scientific achievements are represented as well as some information on the inculcation of scientific investigations results into the production spheres, the training of the scientific personnel, the arrangement of the experimental basis, the development of scientific relations and scientific-organizing activity on the whole is brought. Proceeding from the resolutions of the 27<sup>th</sup> Congress of CPSU the general tendencies of geophysical and seismological sciences development are pointed out.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986 XXXIX, № 5, с. 11—17.

УДК:550.312:550.831

А. Х. БАГРАМЯН, А. М. АВETИСЯН, М. Б. МКРТЧЯН, К. А. ЗАКАРЯН

### КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ Р-ВОЛН ПО ЗАПИСЯМ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

В настоящей работе выявлены средние станционные поправки—систематические отклонения времен пробега продольных сейсмических волн от стандартного годографа Джеффриса-Буллена для сейсмических станций Армении от удаленных землетрясений из различных азимутов. В результате получения поправок установлено существование различия в значениях поправок для разных сейсмоактивных районов, построена схема скоростных аномалий в виде карты скоростных вариаций в верхней мантии.

Построена теоретическая модель, с помощью которой можно оценить эффективность метода выявления невязок.

Проблема точного определения координат гипоцентров тесно связана с изучением особенностей времен пробега сейсмических волн.

Применение электронно-вычислительных машин в сейсмической службе дало возможность помимо сведений о координатах гипоцентра получить сейсмические отклонения времен пробега первых вступлений продольных волн от стандартного осредненного годографа Джеффриса-Буллена, то есть среднестанционные невязки [10]. Невязки представляют собой интегральный эффект особенностей и свойств строения среды очаговых зон, трасс прохождения сейсмических лучей скоростных неоднородностей земной коры и верхней мантии под группой регистрации.

Задачей нашей работы является выявление стационарных невязок (поправок) для сейсмических станций АрмССР от землетрясений некоторых сейсмоактивных районов земного шара: Алеутских и Курильских островов, Индонезии, Средиземного моря.

Для исследования среднестанционных поправок нами выбраны следующие 12 сейсмических станций, охватывающих территорию Армянского нагорья: «Бавра», «Варденис», «Гарни», «Горис», «Ереван», «Каджаран», «Кармракар», «Кировабад», «Ленинакан», «Мецамор», «Нахичеван», «Степанаван».

Использовались данные около 500 землетрясений Алеутских и Курильских островов, Индонезии и Средиземного моря за период 1975—1981 гг. с  $M > 5$  с различной глубиной очага в земной коре [9].

Поправки  $f_k(t)$  вычислялись по следующей формуле:

$$f_k(t) = t_{0,95} - t(x_i, y_j), \quad (1)$$

где  $t(x_i, y_j)$  — теоретическое значение времени пробега по годографу Джеффриса-Буллена [13], который в дальнейшем условно будем обозначать Д-Б;  $t_{0,95}$  — время пробега волны P по сейсмограмме.

Величина  $f$  для  $i$ -той станции и  $j$ -того землетрясения получается в результате определения параметров эпицентра по специальной программе.

Отдельно для каждой станции вычислялись и строились кривые распределения поправок; средняя станционная поправка  $\bar{f}$  определялась как среднеарифметическая:

$$\bar{f} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f_k, \quad (2)$$

где  $n$  — общее число наблюдений для данной станции.

Основные характеристики анализа поправок проводились в соответствии с распределением Стьюдента [11]. Кривые распределения невязок времен пробега P-волн к годографу Д-Б для сейсмических станций АрмССР приводятся на рис. 1.

В табл. 1 приведены осредненные значения величины поправок по всем районам отдельно для каждой станции.

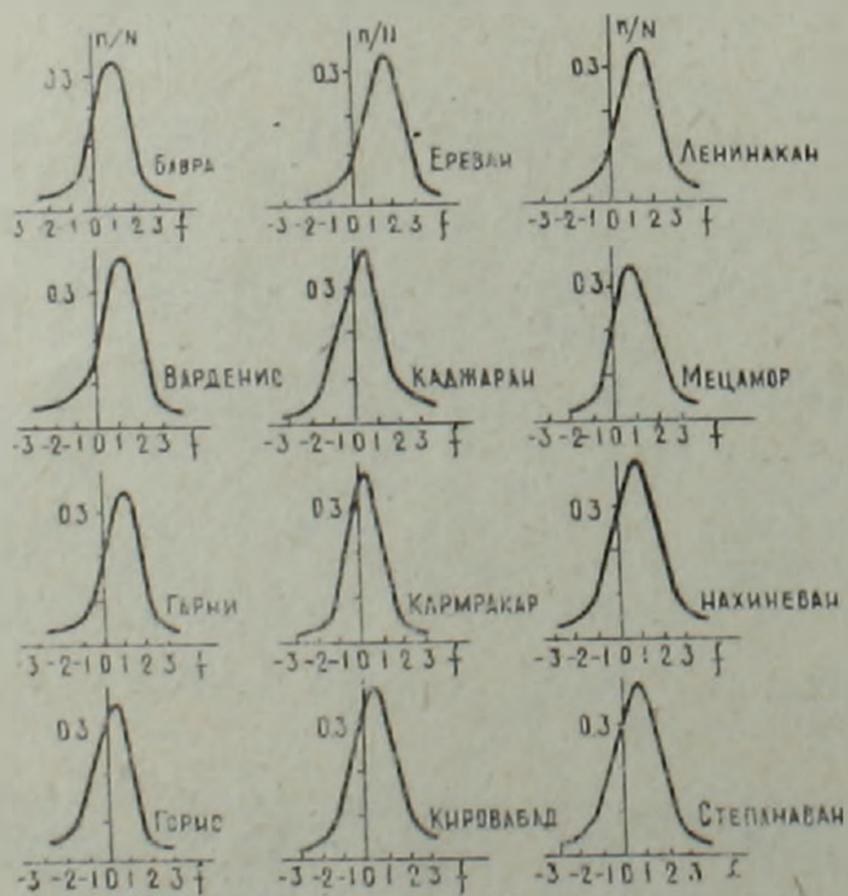


Рис. 1. Осредненные кривые распределения поправок по отдельным станциям для всех районов.

## Осредненные величины поправок по всем районам

№ пп.	Станция	Число случаев	$\bar{f}_c$	Доверительный интервал $\pm \sigma$	Эмпирическая дисперсия $\delta f$	$\frac{n_{max}}{N}$
1	Бавра	207	0,87	0,13	1,19	0,36
2	Варденис	246	1,05	0,11	1,05	0,42
3	Гарни	187	0,92	0,13	1,09	0,38
4	Горис	333	0,2	0,08	0,9	0,37
5	Ереван	358	1,17	0,09	1,05	0,35
6	Каджаран	253	0,42	0,11	1,04	0,41
7	Кармракар	177	0,37	0,12	0,93	0,39
8	Кировабад	336	0,52	0,09	1,02	0,40
9	Ленинакан	291	1,3	0,1	1,0	0,36
10	Мецамор	244	0,82	0,11	1,09	0,38
11	Нахичеван	269	0,67	0,12	1,23	0,42
12	Степанаван	458	0,8	0,08	1,02	0,41

Это  $\bar{f}$  — среднестанционная поправка,  $N$  — число случаев,  $\delta f$  — эмпирическая дисперсия, доверительный интервал,  $n_{max}$  — характеризующее максимальное число наблюдений вблизи моды.

Значение  $\bar{f}$  для каждой станции указывает на систематическое отклонение времени пробега сейсмических волн до данной станции по сравнению с годографом Д—Б.

В результате все рассмотренные нами станции имеют положительные поправки, то есть времена пробега Р-волн больше, следовательно, скорости ниже. Здесь тоже можно выделить группу станций, у которых средние поправки сравнительно небольшие (слабо положительные) и скорости времен пробега волн Р близки к теоретическим. Это станции «Горис», «Кармракар», «Каджаран», «Кировабад». Станции «Ереван», «Гарни», «Ленинакан», «Бавра», «Варденис», «Мецамор» имеют большие поправки по сравнению с теоретическим годографом.

По всей вероятности, такое поведение невязок связано со строением и состоянием земной коры и мантии в районе станции. На основе полученных невязок времен пробега Р-волн построена схема скоростных аномалий верхней мантии Армянского нагорья (рис. 2).

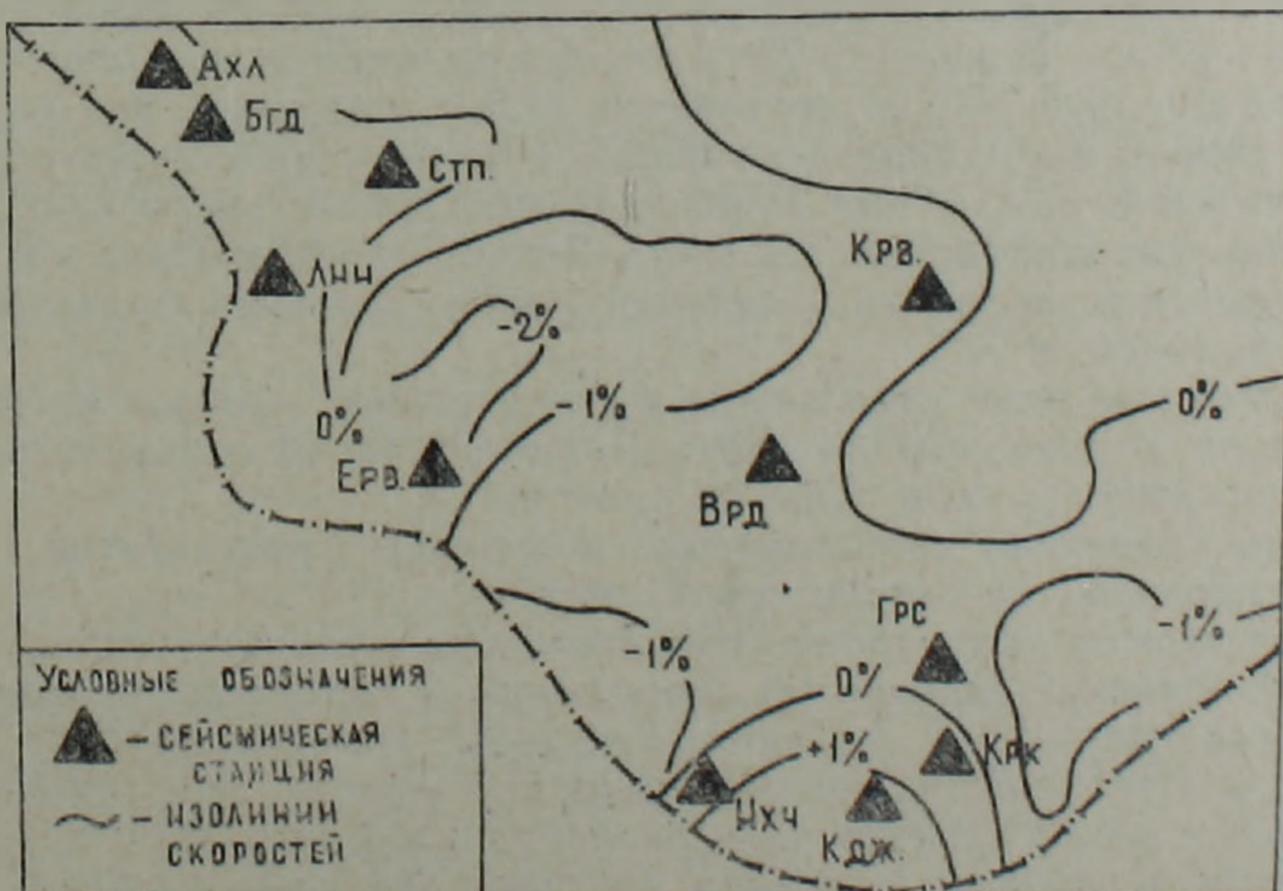


Рис. 2. Карта скоростных неоднородностей Р-волн в верхней мантии Армянского нагорья.

Построение карт скоростных вариаций в верхней мантии осуществлено графоаналитическим методом картирования неоднородностей, подробно описанным в [8] и развитым в [3, 7].

Эффективность выявления скоростных аномалий по кинематическим данным существенным образом зависит в основном от следующих факторов:

1. От точности измерений, вступлений Р-волн.
2. От систематических ошибок определений параметров очага.
3. От горизонтальных изменений мощности и скоростного разреза коры.

При методике, использованной в работе, влияние ошибок определений параметров очага устраняется.

После устранения эффекта мощности земной коры путем введения соответствующих поправок при априорных сведениях о строении коры под данной станцией [4], полученные невязки используются для выявления скоростных аномалий.

Процедура составления схемы скоростных неоднородностей в верхней мантии сводится к следующим положениям. Согласно принятой сферически симметричной модели строится сейсмический луч со средним эпицентральной расстоянием в данном азимутальном секторе, который, пересекая контактную поверхность, т. е. заданную нами глубину проецирования неоднородностей, дает горизонтальную протяженность—снос луча, вычисляемую по формуле из [6]. Таким образом, значения невязок  $\delta t_{ij}$ , сведенные к подошве коры, оказываются смещенными по горизонтали на расстоянии от станции, соответствующем сносу лучей. В результате этих процедур получаем числовое поле  $\delta t(x, y)$ , которое сглаживается в скользящем по плоскости квадрата. Сглаженные значения непрерывной функции  $\delta t(x, y)$  приписываются к середине слоя на глубине  $h$ —глубине проецирования  $h$ , согласно формуле

$$\delta t(x, y)/t_0 = -\delta v(x, y)/v_0,$$

где  $t_0$  и  $v_0$ —время пробега и среднелучевая скорость в исходной модели слоя преобразовываются во флуктуации скоростей.

Карта аномалий времени пробега Р-волн построена методом сглаживания с подвижным квадратом со стороной в 50 км при шаге сглаживания в 50 км. Используя [14], где время пробега продольной волны в слое глубиной в 150 км составляет 31,6 с, получаем, что изменение средней скорости в данном слое на 1% создает невязку времени пробега величиной в 0,32 с для Р-волн. Исправленные среднеквадратические отклонения составляют 0,2 с для Р-волн, что позволяет построение карт скоростных вариаций в верхней мантии Кавказа с шагом проведения изолиний в 1%.

Полученные нами результаты положительных невязок времен пробега Р-волн, отраженные на карте, свидетельствуют о низкоскоростном характере этих волн в верхней мантии.

Нами проведено сопоставление полученных результатов с геолого-геофизической характеристикой региона.

Исследуемая территория, представленная сложнопостроенной системой альпийских складчатых сооружений, в структурном плане четко делится на следующие тектонические зоны: мегантиклинорий Малого Кавказа и Средне-Араксинский межгорный прогиб. Эти тектонические зоны расчленяются поперечными разломами и флексурами разной протяженности и глубины залегания, создавая тем самым сложную раздробленную структуру [5]. При сравнении тектонической схемы с картой скоростных неоднородностей наблюдается корреляционная связь между полученными нами среднестанционными невязками и геологическим строением земной коры в районе станции. Положительная невязка для сейсмических станций Армении, т. е. пониженные скорости продольных Р-волн по сравнению с географом Д—Б, по-видимому,

характеризуется интенсивным развитием новейшего вулканизма исследуемого региона, а в районах активных тектонических движений с неустойчивым геосинклинальным режимом, в пределах области молодого вулканизма, земная кора более раздроблена и насыщена магматическими породами, вследствие чего наблюдается низкая скорость прохождения сейсмических волн. В юго-восточной части Средне-Араксинского межгорного прогиба наблюдается некоторое повышение скорости пробега Р-волн по сравнению с северо-западной частью. Это объясняется наличием в этой области андезито-дацитовых формаций. По данным других авторов, здесь наблюдается уплотнение пород в недрах Земли, и скорости распространения волн сравнительно выше [2].

Проведено сопоставление распределения теплового потока на Малом Кавказе с результатами исследований [12]. Для исследуемой территории в целом наблюдается высокая корреляция между положительными значениями невязок времени пробега продольных волн, повышенными значениями теплового потока и низкоскоростным характером верхней мантии.

Обычно в распределении теплового потока отображаются особенности и свойства верхних этажей земной коры, но не исключена возможность проявления теплового режима и более глубоких слоев.

Нами была построена также в первом приближении теоретическая модель оценки эффективности методов распределения невязок. Оценка точности вышеуказанных методов оценивается с помощью численного моделирования очага, описанного в работе [1]. Как модель среды рассматривается очаг с точечным источником с любым заданным распределением скоростей и исследуется изменение времени пробега сейсмических волн с лучевым приближением. Одну из станций наблюдательной системы сейсмической сети выбираем как опорную и предполагаем, что между опорной и остальными станциями среда имеет блоковую структуру, т. е. в разных блоках имеем разные скорости.

Вычисление производится по следующей схеме.

Задаются координаты условных точек очага ( $\varphi, \lambda, h$ ) и по формуле

$$\Delta_i = 2R \arcsin \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta \lambda - \sin \varphi_1 \sin \varphi_2}{2}},$$

где  $R$  — радиус Земли,  $\varphi_1, \varphi_2$  — широты,  $\Delta \lambda$  — разность долготы, вычисляется расстояние  $\Delta i$  от очага до  $i$ -ой станции. В дальнейшем по теоретическому географу вычисляем времена пробега сейсмических волн до каждой  $i$ -ой станции по формуле

$$t_i(\Delta i) = \frac{1}{a} \ln(\omega + \sqrt{\omega^2 - 1}),$$

где

$$\omega = \frac{\Delta i^2 a^2 + b^2 + (b + ah)^2}{2b(b - ah)}$$

где  $a, b$  — компоненты скорости,  $h$  — глубины очага.

В дальнейшем для любой станции, отличной от опорной, вычисление производится по двум этапам: сначала вычисляем время до опорной станции, а потом от опорной до каждой  $i$ -ой станции. Время пробега до  $i$ -ой станции будет  $t = t_{om} + t_i$ .

Таким образом получаем совокупность данных, эквивалентную наблюдениям.

Следовательно, можно заключить, что:

1. Ряд сейсмических станций Армении имеет систематические отклонения времен пробега Р-волн от осредненного стандартного географа Джеффриса-Буллена.

2. Фактически существуют различия в значениях поправок для отдельных сейсмоактивных районов, выявлены станции, дающие отклонения от годографа Джеффриса-Буллена как в сторону сравнительно больших значений времен пробега, так и в сторону меньших значений.

3. Построена схема скоростных аномалий в виде карты скоростных вариаций в верхней мантии.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.VI.1986.

Ա. Խ. ԲԱԴՐԱՄՅԱՆ, Ա. Մ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Մ. Բ. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Կ. Ա. ԶԱԿԱՐՅԱՆ  
ՀԱՅԿՍՏԱՆԻ ՍՍՀ ՍԵՅՍՄԻԿ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ԳՐԱՆՑԱԾ ՏԵԼԵՍԵՅՍՄԻԿ  
P-ԱԼԻՔՆԵՐԻ ԿԻՆԵՄԱՏԻԿ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հայկական ՍՍՀ սեյսմիկ կայանների նկատմամբ տարբեր ազիմուտներ ունեցող հեռավոր երկրաշարժերի ալիքների գրանցման միջոցով որոշված են միջին կայանային ուղղումներ՝ երկայնակի երկրաշարժային ալիքի վաղի ժամանակի սիստեմատիկ շեղումներ Ջեֆրիսի-Բուլենի ստանդարտ հողոգրաֆից: Ստացված ուղղումների միջոցով տարբեր սեյսմաակտիվ շրջանների համար կառուցված է վերին պատշաճում արագությունների փոփոխման քարտեզը: Կառուցված տեսական մոդելը հնարավորություն է տալիս գնահատելու ուղղումների հայտնաբերման մեթոդի էֆեկտիվությունը:

A. KH. BAGHRAMIAN, A. M. AVETISIAN, M. B. MKERTCHIAN, K. A. ZAKARIAN

THE TELESEISMIC P—WAVES KINEMATIC PECULARITIES  
ACCORDING TO THE ARMENIAN SSR SEISMIC  
STATIONS RECORDS

A b s t r a c t

The mean station corrections i. e. systematic deviations of distant earthquakes with different azimuths longitudinal waves travel times from the Jeffreys-Bullen standard hodograph have been revealed. As a result of obtained corrections a difference between corrections values for various seismoactive regions has been established as well as a velocity anomalies scheme has been drawn up as a map of upper mantle velocity variations. A theoretical model has been compiled which allows to estimate the effectiveness of the method of misclosure revealing.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аветисян А. М., Добровольский И. П. Об оценке эффективности методом определения координат гипоцентров землетрясений по теоретическим моделям.—ДАН АрмССР, 1982, т. 24, № 2, с. 91—93.
2. Асланян А. Г. Региональная геология Армянской ССР. Ереван: Изд. Айпетрат, 1958. 430 с.
3. Баграмян А. Х., Закарян К. А. Горизонтальные скоростные неоднородности верхней мантии Кавказа.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 6, с. 65—73.
4. Балавадзе Б. К. и др. Геофизическое исследование земной коры и верхней мантии в области Кавказа.—Геотектоника, 1966, № 3, с. 30—40.
5. Борисов Б. А. и др. Выделение сейсмоопасных зон в альпийской складчатой области. М.: Наука, 1975. 140 с.
6. Буллен К. Е. Введение в теоретическую сейсмологию. М.: Мир, 1966. 460 с.

7. Винник Л. П. и др. Скоростные аномалии верхней мантии Кавказа.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1978, № 7, с. 22—31.
8. Винник Л. П. и др. Количественный анализ скоростных неоднородностей верхней мантии Памиро-Гиндукуша.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1978, № 5, с. 3—16.
9. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный). Обнинск: Институт физики Земли АН СССР, ОМЭ, 1975—1981.
10. Славина Л. Б. Особенности времен пробега Р-волн для станций СССР от землетрясений Тихоокеанского сейсмического пояса. Автореф. дисс. на соискание уч. ст. канд. физ.-мат. наук. М.: 1970. ИФЗ, 20 с.
11. Смирнов И. В., Дукин-Барковский В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Изд. Наука, 1965. 511 с.
12. Тепловое поле Европы. М.: Мир, 1982. 376 с.
13. Jeffreys H. Seismological tables. Mon. Not R. A. S. 1939, 99.
14. Herrin E. At al seismological tables for P-waves. Bull. Seismolog. America 1968, 58, № 4.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 17—22.

УДК 550.312:550.831

Ш. С. ОГАНИСЯН, А. О. ОГАНЕСЯН

## ПОВТОРНЫЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ С ЦЕЛЮ ИЗУЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНАХ АРМЯНСКОЙ ССР

Приводятся результаты комплексных геолого-геофизических и геодезических исследований на Зангезурском геодинамическом полигоне, указывающие на возможность использования данных о неприливых изменениях силы тяжести для изучения деформаций земной коры.

В свете современных представлений причины возникновения современных движений земной коры и изменений геофизических полей связаны с деформационными процессами, происходящими в земной коре и верхней мантии. В связи с этим, одной из задач, которые ставились при исследованиях неприливых изменений силы тяжести на территории Армянской ССР, являлось изучение деформационного состояния структур земной коры, особенно глубинных разломов, роль которых в формировании блокового строения, возникновении современных движений земной поверхности и землетрясений в земной коре безусловно велика.

К настоящему времени накоплен значительный материал по данным повторных гравиметрических измерений на Зангезурском геодинамическом полигоне. Настало время обобщения и подведения некоторых итогов с целью решения конкретных задач, направленных на изучение деформаций земной коры.

Территория Зангезурского геодинамического полигона представляет собой типичный горный район с сильно расчлененным рельефом. Она расположена на стыке двух крупных тектонических структур—Кафанского антиклинория и Ордубадского синклинория, разделенных Хуступ-Гиратахским разломом. В настоящее время на территории полигона заложено 50 долговременных гравиметрических пунктов (ДГП), расположенных на профилях Кафан-Каджаран и Зейва-Аджибаджи, секущих вкрест простирания и по простиранию Зангезурскую сейсмоактивную зону [1].

Изучение неприливых вариаций гравитационного поля на территории Зангезурского полигона ведется систематически, начиная с 1970 года. Высокоточные гравиметрические измерения проводились тремя приборами ГАГ-2. Частота опроса на полигоне—один раз в год.

Благодаря разработанной методике и приемам обработки точность ежегодных измерений достигла от  $\pm 30$  до  $\pm 20 \cdot 10^{-8}$  м/с<sup>2</sup> [3]. Получено, что каждое межгодовое расхождение силы тяжести измерено при доверительном интервале  $60 \cdot 10^{-8}$  м/с<sup>2</sup> с доверительной вероятностью от 0,95 до 0,997. Такая высокая точность позволяет утверждать, что