

УДК 551.1.550.83 (479.25)

Ш. С. ОГАНИСЯН, А. Г. БАБАДЖАНЯН, М. С. БАДАЛЯН, Д. С. ГРИГОРЯН,
С. Н. НАЗАРЕТЯН, А. О. ОГАНЕСЯН, Л. Б. ОГАНЕСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

На основе совместного анализа гравитационных полей в разных редукциях и других геофизических материалов получены новые данные как о мощности земной коры, так и о некоторых особенностях ее строения и динамики.

Накопившиеся из года в год фактические геофизические материалы и усовершенствованные методы их интерпретации позволяют получить новые данные и обогатить ранние достижения в области изучения глубинного строения территории Армянской ССР.

Ниже приводятся основные результаты по этому вопросу, полученные в течение последних нескольких лет в ИГИС АН Армянской ССР.

На основе совместного анализа гравитационных полей в разных редукциях и других геофизических материалов получены новые данные как о мощности и строении земной коры, так и о характере тектонических процессов, протекающих в ней. При этом была принята двухслойная модель земной коры: вулканогенно-осадочный и консолидированный комплексы.

В результате количественного истолкования аномального гравитационного поля совместно с сейсмическими данными составлены схематические карты изогипс поверхности *M* и консолидированной коры, а также карты мощностей земной коры и вулканогенно-осадочного покрова.

Мощность земной коры в пределах республики изменяется от 40 до 46 км. Она возрастает с северо-востока и юго-запада к центральной высокогорной области. Минимальная мощность установлена на северо-востоке, в районах раннеальпийской (киммерийской) складчатости. Наибольшие мощности земной коры наблюдаются в областях среднеальпийской складчатости (неовулканическая зона Малого Кавказа), особенно в пределах Гегамского хребта и массива горы Арагац (45—46 км). Средние значения мощности (42—43 км) наблюдаются в области позднеальпийской складчатости (Среднеараксинский прогиб). Увеличение мощности земной коры в центральных районах республики происходит, в основном, за счет высокогорного рельефа, хотя здесь наблюдается также некоторое погружение поверхности *M* [21].

Совместный анализ изостатических аномалий силы тяжести и данных о мощности земной коры даст дополнительную информацию об изостатическом состоянии земной коры региона.

Территория республики характеризуется преимущественно положительными значениями изостатических аномалий. При этом область раннеальпийской складчатости отображается на карте полосой интенсивных положительных аномалий. Область среднеальпийской складчатости, охватывающая высокогорные хребты и наложенные впадины, характеризуется пониженными или отрицательными значениями изостатических аномалий. При этом полоса отрицательных аномалий охватывает Ереванский и Севанский прогибы, а также часть Цахкуняцкого и Гегамского хребтов. Поле положительных аномалий со средними значениями совпадает с Зангезурским, Баргушатским и Мегринским хребтами. Область позднеальпийской складчатости выделяется положительными изостатическими аномалиями. К тому же, гравитационное поле в редукции Буге повсеместно характеризуется отрицательными, в редукции Фая, преимущественно, положительными значениями.

Вышеописанный характер гравитационных полей в разных редукциях свидетельствует о том, что исследуемая территория находится далеко от состояния изостатического равновесия, причиной которого, на наш взгляд, являются недостаточная мощность земной коры и существование плотностных неоднородностей ниже поверхности M .

Количественные расчеты показывают, что изостатическое равновесие могло иметь место при модели с увеличенной мощностью коры на 7 км в Араратской долине, 6 км — в Сомхето-Карабахской зоне и 8 км — в Складчатой зоне Армении [18].

Геодезические данные о современных тектонических движениях на территории республики показывают, что земная кора в области раннеальпийской складчатости, в центральной части Среднеараксинской зоны и в Кафанском сегменте поднимается (со скоростью 2—9 мм/год). Следовательно, тектонические силы в этих областях направлены в сторону еще большего нарушения изостатического равновесия.

Центральные районы региона, территория Нахичеванской АССР, Ширакская долина и часть Араксинской котловины опускаются со скоростью до 8 мм в год, а это означает, что в настоящее время в указанных участках преобладают силы, стремящиеся восстановить равновесие земной коры за счет погружения.

При сопоставлении данных о сейсмичности и о современных движениях земной коры [12] необходимо отметить, что очаги наиболее сильных землетрясений (8-балльные) расположены в пределах Араратской и Ширакской котловин и в Зангезуре, где происходят наиболее интенсивные современные движения земной коры (до 9 мм в год).

Одной из важнейших особенностей глубинного строения земной коры территории Армянской ССР является наличие сети глубинных раз-

ломов. По комплексу геофизических методов выделяются четыре господствующих направления глубинных разломов: общекавказское, антикавказское, субмеридиональное и субширотное [1, 4, 8, 9, 11, 13, 21, 23, 24]. Эти системы разломов отличаются друг от друга как по возрасту заложения, структурному положению, так и характеру отображения в геофизических полях. Глубина залегания некоторых разломов, по данным станций «Земля», достигает 45—55 км, а плоскости зон имеют субвертикальное положение [11].

Общекавказские глубинные разломы проявили интенсивную активность в альпийском геосинклинальном этапе развития. Имея дугообразную форму, они определяют границы геотектонических зон, контролируют образование фаций и формаций, магматизм, эндогенную минерализацию, определяют металлогенические особенности поясов и рудных районов. В геофизических полях они отображаются благодаря различию состава, степени складчатости, структурным особенностям и гипсометрии комплексов, слагающих разделенные ими блоки коры, а также вследствие различных физических свойств материалов, выполняющих зоны разломов. Некоторые из них четко фиксируются в гравитационном поле выдержанными по простиранию линейными аномалиями типа ступеней с величиной горизонтального градиента 3—5 мгл/км (разломы, ограничивающие геотектонические зоны). Наличие региональных гравитационных ступеней свидетельствует о смещении плотностных границ по разломам. Вертикальная амплитуда смещения глубинных горизонтов земной коры по некоторым разломам достигает 2—4 км.

Ряд разломов общекавказского простирания наиболее четко отображается в магнитном поле в виде границ магнитных подзон. Контролируя расположение крупных магнитоактивных тел, начиная от Арагаца до Сюника, они в первом приближении соответствуют Ани-Ордубадскому и Ширакско-Зангезурскому глубинным разломам. Магматические проявления Гегам-Сюникской области, по всей вероятности, были связаны с активизацией этих древних разломов в новейшее время, обусловленной интенсивным воздыманием центральной части Малого Кавказа.

Субширотные глубинные разломы ограничивают крупные наложенные прогибы (Севано-Ереванский, Айоцзорский) и играют важную роль в их образовании. Хорошо отражаются в гравитационном поле в виде зон высоких градиентов, соответствующих границам блоков с разной гипсометрией плотностных горизонтов и различным вещественным составом.

Субмеридиональные глубинные разломы фиксируются как сейсмологическими (эпицентрами сильных землетрясений), так и гравитационными и магнитными данными (высокоградиентные зоны). Одновременно с субширотными, субмеридиональные разломы играли ограничивающую роль в процессе неоген-четвертичного вулканизма, определяя

границы отдельных вулканических зон. Наиболее крупные из этих разломов представляют собой, вероятно, региональные сейсмические швы (Арарат-Спитакский и Зангезурский).

Антикавказские разломы глубинного заложения пересекают до-неогеновые крупные структуры вкрест простирания. Являются сейсмоактивными, вследствие чего четко фиксируются по сейсмологическим данным.

На основании совместного анализа гравитационных, магнитных и сейсмических данных, глубинные разломы на территории Армении условно подразделены на два типа: сейсмоактивные и магмопроводящие [8].

Сейсмоактивные разломы возникают в условиях сжатия, не сопровождаются интенсивными магматическими проявлениями и характеризуются большой амплитудой смещения крыльев. Наблюдается изменение сейсмической активности разломов по простиранию. Особенно сейсмоактивными являются зоны пересечения разломов разных направлений, так называемые сеймотектонические узлы [4].

Магмопроводящие же разломы закладываются или активизируются в условиях растяжения, дополняются магматическими телами и постепенно теряют свою тектоническую, а следовательно, и сейсмическую активность [9].

Намечается временно-пространственная связь между глубинными разломами общекавказского простирания и основными рудными районами, которая позволяет утверждать, что металлогенические особенности отдельных поясов и районов определяются именно разломами указанного простирания. Этапы минерализации, выделенные И. Г. Магакьяном, хорошо согласуются с возрастом формирования глубинных разломов общекавказского простирания.

Большая информативность геофизических методов исследований проверена на практике палеовулканических реконструкций новейшего вулканизма Армении. Сопоставление данных геофизических и геологических исследований позволило обосновать выделение в областях позднеорогенного вулканизма Армении двух самостоятельных зон (Гегам-Сюникской и Арагац-Ахалкалакской), отличающихся не только магматическими фациями, но и глубинным строением [8].

В пределах Гегам-Сюникской области на глубине 2—5 км (верхняя кромка) обнаружены крупные магнитоактивные тела, контролирующие распределение вулканических центров. Совокупность геолого-геофизических данных достаточно убедительно показывает, что эти тела представляют собой вторичные магматические очаги и имеют свои, до сих пор не застывшие корни в нижних слоях земной коры [6].

В результате специальных геофизических исследований выяснены некоторые особенности глубинного строения моногенных вулканических аппаратов, что подтверждает представления об ареальном характере вулканических проявлений. Установлено, что под базальт-андезитовы-

ми моногенными вулканами, в большинстве случаев, залегают субвулканические тела, с которыми вулканы связаны узкими питающими каналами [5, 7]. Субвулканические тела имеют сравнимые с вулканами размеры (диаметр до нескольких сот метров), залегают на глубине 0,5—1,5 км и, судя по всему, представляют собой магматические очаги типа апофизных. В областях новейшего вулканизма Армении установлено также наличие многочисленных аналогичных субвулканических тел, с которыми вулканические извержения не были связаны. Полученные результаты показывают, что последние являются самостоятельными вулканами центрального типа.

Получены новые данные о связи вулканизма с разрывной тектоникой. Анализ карты осей магнитных аномалий, составленной по данным крупномасштабной аэромагнитной съемки, позволил в Гегам-Сюникской области выявить целые системы разломов и трещин и определить их роль при вулканизме. Установлено, что глубинные разломы послужили путями для подъема магмы до определенного уровня земной коры, где образовались вторичные магматические очаги. Дальнейшее продвижение магмы вверх было связано с системами локальных разломов и трещин, выраженных в вышележащих осадочных слоях земной коры и ориентированных в трех основных направлениях с азимутами: 325—330°, 350 и 90°.

Вулканические проявления Арагац-Ахалкалакской области испытывают связь с системами разломов и трещин, ориентированных, главным образом, в субмеридиональном направлении.

Анализ геолого-геофизических данных позволяет полагать, что эта область, отличающаяся в верхнеплиоценовое время высокой проницаемостью, затем быстро перешла в зону сжатия. Условия сжатия и связанные с ними разнонаправленные тектонические движения здесь преобладают, вероятно, и в настоящее время, о чем свидетельствует высокая сейсмичность области, а также данные повторного нивелирования.

Быстрый переход от условий растяжения к сжатию, видимо, исключал здесь образование в верхних слоях земной коры таких крупных магматических очагов, какие имеются в Гегам-Сюникской области.

Только в массиве горы Арагац гравитационными и магнитными данными установлено наличие крупного интрузивного тела основного состава [10, 14]. Полагается, что оно представляет собой вторичный магматический очаг, из которого питались вулканы Арагацкого массива.

При исследовании глубинного строения земной коры велика роль магнитотеллурических методов, работы по которым начаты недавно в ИГИС.

На территории Армянской ССР методом магнитовариационного профилирования выделены две аномалии электропроводности: первая — между селами Гехаркуник и Горс, предположительно вытянутая в об-

щекавказском направлении; вторая — меридионального направления, ось которой проходит у села Заринджа. Судя по поведению векторов Визе, обе аномалии имеют глубинное происхождение.

Методом же глубинного магнитотеллурического зондирования показана реальность одновременного существования ряда внутрикоровых и подкоровых проводящих зон (Азизбековский, Мартунинский районы).

В последние годы вопросы строения и структурного положения офиолитовой ассоциации горных пород привлекают к себе всеобщее внимание исследователей.

С 1976 года ИГИС АН Арм. ССР совместно с ИГН АН Арм. ССР начаты комплексные геофизические и геологические исследования офиолитовых поясов на территории М. Кавказа: Севано-Амасийского и Вединского. Детальные исследования массивов основных и ультраосновных пород Присеванской офиолитовой зоны позволили установить, что они заключены в полосе шириной 15—20 км и протяженностью до 100 км, расположенной между зонами двух параллельных глубинных разломов от с. Джанахмед на юго-востоке до с. Цовагюх на северо-западе, т. е. область их распространения примерно в два раза больше, чем в обнажениях на северо-восточном побережье оз. Севан. При этом глубина залегания нижних кромок массивов основных и ультраосновных пород на восточном побережье Б. Севана оценивается величиной порядка $5,0 \div 5,5$ км от поверхности, а верхних кромок погребенных тел на восточном побережье М. Севана — $0,3 \div 1,0$ км [2].

В результате детальных геофизических исследований получены новые данные по глубинному геологическому строению бассейна оз. Севан, которые могут быть использованы при всестороннем комплексном исследовании проблемы происхождения оз. Севан. Важной особенностью площади современного Севана является сложное гетерогенное строение земной коры, выражающееся в том, что системами разломов кавказского и антикавказского простираний она обособляется в область опускания не только поверхности фундамента, но и более глубинных границ. При этом устанавливается, что сочленение Б. и М. Севана происходит по зоне относительно активного в настоящее время Севанского поперечного глубинного разлома [3]. Установленные соотношения относительно современной геодинамической активности Б. и М. Севана (скорости современных вертикальных движений земной поверхности, изменения гравитационного поля во времени, сейсмичность и т. д.) в совокупности с ранее выявленными различиями в характере рельефа дна, осадков и грунтов, а также резкой границей между обнаженными и погребенными областями развития основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации на северо-восточном побережье озера Севан [1], отражают, возможно, унаследованность современных контрастных движений от более древних и являются новым, объективным количественным выражением относительной «молодости» или «омоложенности» М. Севана и «зрелости» Б. Севана. На этом основании следует

считать более вероятной из существующих гипотез ту, которая включает представления о разновозрастности образования М. и Б. Севана.

С 1970 года ИГИС проводит систематическое изучение неприливных вариаций силы тяжести в сейсмоактивных районах республики. Исследования ведутся методом повторных относительных измерений приращений силы тяжести между долговременными гравиметрическими пунктами [15, 17]. Точность наблюдений составляет от ± 30 до ± 20 мкгалл [17]. Амплитуда вариаций силы тяжести достигает 50—150 мкгалл/год.

В результате исследований неприливных изменений силы тяжести и современных вертикальных движений земной коры на геодинамических полигонах установлено, что между этими динамическими характеристиками существует определенная связь: областям изменений силы тяжести во времени пространственно соответствуют аномальные области современных вертикальных движений противоположного знака [17, 22]. Такое соотношение между отмеченными явлениями, возможно, указывает на единство причины, которой они вызваны. Показательно, что эти аномальные области совпадают, как правило, с зонами региональных глубинных разломов [20, 22].

Значимые корреляционные связи между выявленными расхождениями ускорений силы тяжести, современными вертикальными движениями земной коры, аномальными изменениями геомагнитного поля и сейсмичностью позволяют отнести выявленные расхождения к неприливному вариациям силы тяжести локального характера [16, 17]; а по вызывающим причинам их можно подразделить на два типа: эндогенные—связанные с современными глубинными тектоническими процессами, и экзогенные—обусловленные поверхностными процессами, происходящими в верхних слоях литосферы и атмосфере [17].

Анализ возможных причин, обуславливающих неприлинные вариации силы тяжести, вместе с оценочными расчетами влияния некоторых источников, позволили отнести выявляемые расхождения к неприливному вариациям силы тяжести [15].

Институт геофизики и
инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 25 V.1981.

Շ. Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Հ. Գ. ԲԱՐԱՋԱՆՅԱՆ, Մ. Ս. ԲԱԻԱԼՅԱՆ, Գ. Ս. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ,
Ս. Ն. ՆԱԶԱՐԵԹՅԱՆ, Հ. Հ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Լ. Բ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏԱՐԱԾՔԻ ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ ԽՈՐՔԱՅԻՆ ԿԱԹՈՒՑՎԱՆՔԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՐԿՐԱՅԻՋԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐՈՎ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Տարրեր ռեզուլտատներով գրավիտացիոն դաշտերի և այլ գեոֆիզիկական նյութերի համատեղ վերլուծության հիման վրա ստացվել են իրար տվյալ-

Ներ ինչպես երկրակեղևի հզորության, այնպես էլ նրա կառուցվածքի և դինամիկայի որոշ առանձնահատկությունների մասին:

SII. S. HOVHANNESIAN, A. G. BABADJANIAN, M. S. BADALIAN,
D. S. GRIGORIAN, S. N. NAZARETIAN, H. H. HOVHANNESIAN,
L. B. HOVHANNESIAN

RESEARCH RESULTS OF THE EARTH CRUST DEEP STRUCTURE ACCORDING TO GEOPHYSICAL DATA OF THE ARMENIAN SSR TERRITORY

Abstract

New data are obtained both on the Earth crust thickness as well as on its some structure and dynamics peculiarities on the basis of combined analysis of gravitational fields different reductions and other geophysical materials.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаджанян А. Г. Некоторые данные о разломной тектонике бассейна оз. Севан по геофизическим данным. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 6, 1977.
2. Бабаджанян А. Г. Глубина залегания нижних кромок интрузивных тел Присеванской офиолитовой зоны по гравиметрическим данным. Тезисы докл. науч.-техн. конф. молод. геофизиков, посвящ. 60-летию установ. Сов. власти в Армении. Ленинакан, 1980.
3. Бабаджанян А. Г. О тектоническом соотношении Большого и Малого Севана. «Молодой научный сотрудник». Изд. ЕрГУ, № 30, 1979.
4. Баграмян А. Х., Назаретян С. Н. Некоторые вопросы сейсмоструктуры Армении. Сейсмологический бюлл. Кавказа 1974 г. Изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1976.
5. Бадалян М. С. Отрицательные магнитные аномалии на некоторых вулканических конусах Сюникского нагорья. «Молодой научный работник», № 2 (20). Изд. ЕрГУ, Ереван, 1974.
6. Бадалян М. С. О возможной причинной связи геотермического и магнитного полей в области новейшего вулканизма Армянской ССР и некоторые вопросы их интерпретации. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 2, 1976.
7. Бадалян М. С. Особенности глубинного строения вулканов Гегамского нагорья по геофизическим данным. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 2, 1977.
8. Бадалян М. С., Оганисян Ш. С., Пирюзян С. А. О некоторых соотношениях между геофизическими полями и новейшим вулканизмом Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 1, 1978.
9. Бадалян М. С., Пирюзян С. А., Симонян С. С. Оценка сейсмичности вулканических областей Армении по геофизическим данным. В сб. «Детальное сейсмическое районирование». Изд. «Наука», М., 1980.
10. Бадалян М. С., Оганисян Л. Б. Интрузивное тело внутри массива горы Арагац. Тезисы докладов респ. конф. молодых геофизиков, посвящ. 60-летию установления Советской власти в Армении. Ленинакан, 1980.
11. Егоркина Г. В., Соколова И. А. и др. Изучение глубинных разломов по материалам станций «Земля» на территории Армении. «Разведочная геофизика», вып. 72, «Недра», М., 1976.

12. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. Под ред. Ю. А. Мещерякова. М., 1973.
13. Назаретян С. Н. Общие закономерности размещения глубинных разломов на территориях Армянской ССР и Нахичеванской АССР. ДАН Арм. ССР, т. LXVII, № 4, 1978.
14. Оганисян Ш. С., Оганесян Л. Б. Основные черты строения массива горы Арагац по гравиметрическим данным. «Некоторые вопросы физики Земли», Инст. геофизики АН Гр. ССР. Тбилиси, 1971.
15. Оганесян А. О. Методика и результаты исследований неприливных вариаций силы тяжести на Зангезурском геодинамическом полигоне. В кн.: «Повторные гравиметрические наблюдения». Изд. МГК АН СССР, М., 1979.
16. Оганесян А. О. Современная динамика земной коры в пределах Зангезурского геодинамического полигона и перспективы дальнейших исследований. Тезисы докладов Респуб. научно-технической конференции молодых геофизиков, посвящ 60-летию установления Советской власти в Армении, Ленинакан, 1980.
17. Оганесян А. О. Особенности изучения неприливных вариаций силы тяжести на Зангезурском геодинамическом полигоне. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 6, 1980.
18. Оганисян Ш. С. Изостатические аномалии силы тяжести и новейшие движения земной коры на территории Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 4, 1972.
19. Оганисян Ш. С., Оганесян А. О. Результаты изучения изменений силы тяжести во времени на территории Армянской ССР. Сб. трудов. «Повторные гравиметрические наблюдения». М., 1976.
20. Оганисян Ш. С., Оганесян А. О., Титов С. П. Некоторые предварительные результаты исследований современных локальных, вертикальных движений и изменение силы тяжести во времени на геодинамических полигонах Армянской ССР. Мат. конф. «Современные движения земной коры», Новосибирск, 1976.
21. Оганисян Ш. С. Строение земной коры территории Армении. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 4—5, 1977.
22. Оганисян Ш. С., Оганесян А. О., Пирузян С. А., Титов С. П. Соотношение между новейшими и современными движениями и геофизическими полями Армянской ССР. Тезисы докл. VII Всесоюзного совещания по изучению современных движений земной коры. М., 1977.
23. Оганисян Ш. С., Назаретян С. Н. О связи между геофизическими полями и сейсмичностью на территории Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 6, 1980.
24. Пирузян С. А. Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1962.