

УДК 550.838.311(479.25)

М. С. БАДАЛЯН, Ш. С. ОГАНИСЯН, С. А. ПИРУЗЯН

О НЕКОТОРЫХ СООТНОШЕНИЯХ МЕЖДУ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ И НОВЕЙШИМ ВУЛКАНИЗМОМ АРМЯНСКОЙ ССР

В течение всей истории геологического развития территория Армянской ССР была ареной интенсивных вулканических извержений. Здесь можно найти эффузивные образования самых различных возрастов (от палеозоя до четвертичного) и самого различного состава (от базальтов и долеритов до липаритов). По интенсивности и массовости извержений особое место занимает новейший (неоген-четвертичный) вулканизм. Вулканическими продуктами этого времени покрыты две трети территории республики [3].

Специальные геофизические исследования палеовулканизма Армении начаты совсем недавно. Накопленный в течение многолетнего геофизического изучения территории республики достаточный фактический материал позволяет рассматривать некоторые вопросы вулканизма.

Вкратце остановимся на особенностях геофизических полей территории Армянской ССР.

Гравиметрическое поле в редукции Буге по всему Малому Кавказу характеризуется отрицательными значениями, характерными для горных областей. На этом отрицательном фоне в региональном плане выделяются две зоны субпараллельных относительных максимумов, разделенные глубоким минимумом [12]. Указанные три гравитационные зоны соответствуют мегаформам рельефа Малого Кавказа, отражающим новейшие тектонические движения. Зона центрального минимума соответствует центральной, наиболее приподнятой, высокогорной части Малого Кавказа. Зона юго-западного максимума совпадает с Араксинской впадиной и прилегающими к ней районами, а северо-восточный максимум — с северо-восточными склонами Малого Кавказа, примыкающими к Куринской депрессии.

Вышеотмеченные гравитационные зоны, отражающие аномалии первого порядка, осложнены целым рядом линейно-вытянутых и изометрических аномалий более низких порядков. Переход от одной зоны к другой характеризуется высокими горизонтальными градиентами силы тяжести.

От редакции. Вывод авторов о пониженных значениях геотермического поля Арагац-Ахалкалакской зоны является спорным. По данным Я. Б. Смирнова (1968) и Е. Е. Милановского (1977). Транскавказское поперечное поднятие характеризуется относительно повышенным (в два и более раз) тепловым потоком. Статья печатается в порядке обсуждения.

Молодые вулканические нагорья Армянской ССР приурочены к зоне центрального минимума. Исключение составляет Арагацкая вулканическая подзона [19]. Здесь глубоким минимумом отличается только массив горы Арагац, а большинство вулканов подзоны попадает на высокоградиентные зоны или находится в пределах юго-западного максимума.

Магнитное поле территории республики очень сложное. Несмотря на это, в нем тоже выделяются региональные зоны [1], совпадающие с основными геотектоническими структурами Малого Кавказа [3]. Зональность магнитного поля особенно четко наблюдается на аэромагнитных картах, снятых с больших высот. На высоте 1000—1200 м выделяются четыре региональные зоны магнитного поля, имеющие северо-западное простирание (рис. 1). Примечательно, что зоны интенсив-

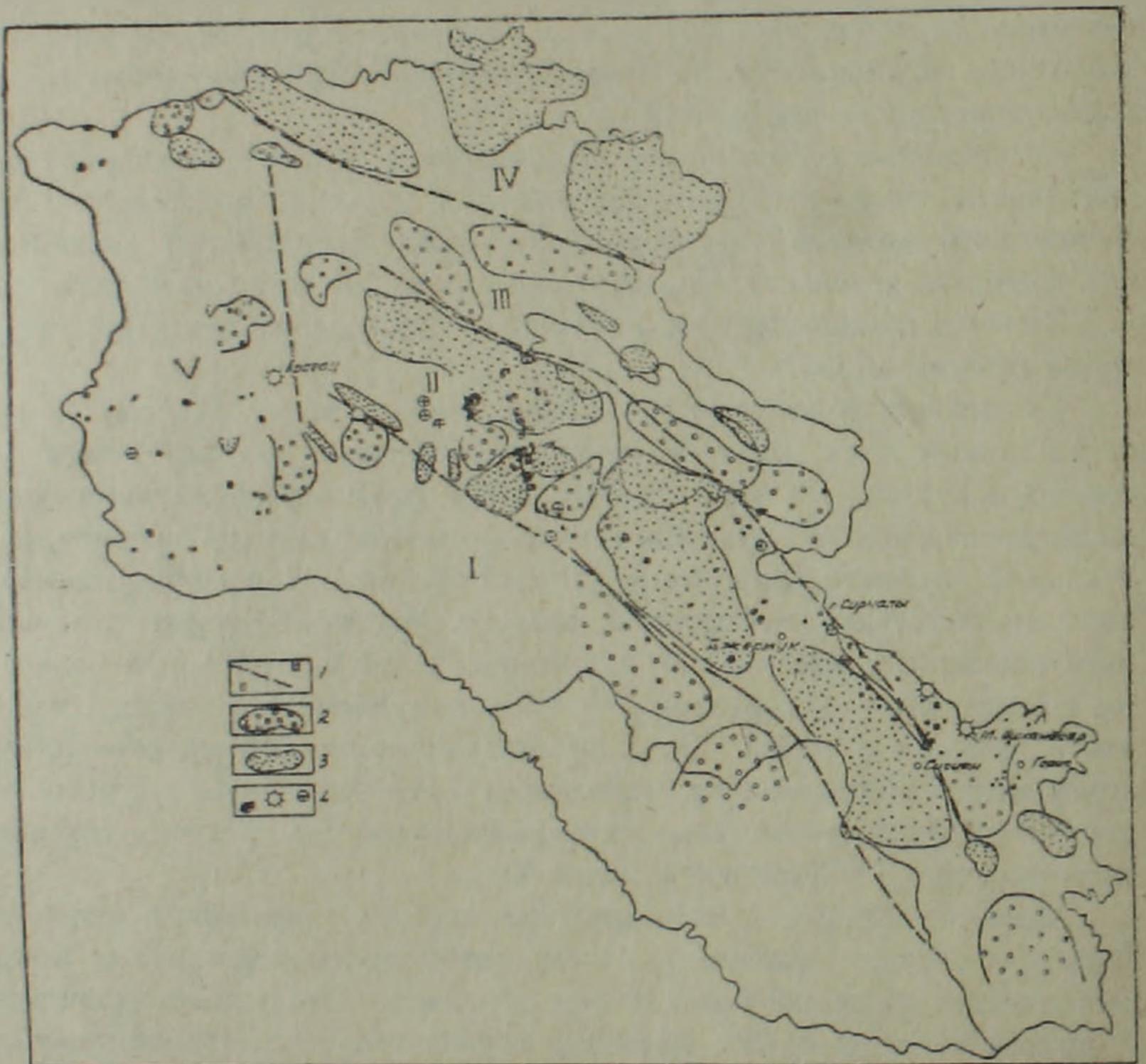


Рис. 1. Схематическая карта магнитного поля (ΔT_a) на относительной высоте 1000—1200 м (составлена по материалам ВИРГа, 1967). 1—номера и границы магнитных зон. Экстремальные значения магнитного поля: 2—отрицательные, 3—положительные, 4—вулканические центры.

ных, положительных аномалий магнитного поля соответствуют областям развития новейшего (II зона) и юрского (IV зона) вулканизма.

Область между этими зонами, а также Араксинский прогиб характеризуются отрицательным и слабопеременным магнитным полем. Интересно, что все вышеописанные зоны магнитного поля четко выделяются в центральных районах территории Армянской ССР, в то время как на западе и юго-востоке общекавказская зональность магнитного поля наблюдается менее четко или полностью нарушается. Еще одну, пятую зону магнитного поля можно выделить на западе территории республики. Эта зона преимущественно отрицательных магнитных аномалий пространственно соответствует Транскавказскому вулканическому ареалу [7], пересекающему все вышеописанные магнитные и тектонические зоны.

На высоте 4 км магнитное поле, в общем сохраняя вышеотмеченные особенности, принимает более дифференцированный характер (рис. 2). Положительные аномалии выделяются более четко и группируются вдоль определенных линий.

Установлено, что в создании магнитных аномалий, наблюдаемых при наземной съемке в пределах республики, большую роль играют толщи эффузивных пород, имеющие высокие магнитные свойства [2]. Сравнение аэромагнитных карт, снятых с разных высот, показывает, что сильно возмущенное магнитное поле II и IV зон (рис. 1) обусловлено не только эффузивными породами, но и магнитными объектами, залегающими в глубине. Анализ аэромагнитных данных позволяет в этих областях полагать наличие крупных интрузивных тел основного или среднего состава, внедрившихся, вероятно, по зонам глубинных разломов.

По выполненным расчетам глубина залегания верхней кромки магнитовозмущающих масс в пределах II зоны составляет 2—5 км. Можно полагать, что эти массы представляют собой застывшие вторичные магматические очаги новейших вулканических проявлений антиклинорного поднятия [4]. Об этом свидетельствуют как пространственное совпадение аномальной магнитной зоны с вышеотмеченной вулканической областью, так и сходство составов предполагаемых глубинных масс и широко развитых в области эффузивных пород.

Геотермическое поле в пределах Армянской ССР, несмотря на слабую его изученность, отличается аналогичной с гравитационным и магнитным полями зональностью. Центральная часть антиклинорного поднятия, отличающаяся региональным минимумом силы тяжести и интенсивными положительными аномалиями магнитного поля, характеризуется также повышенными значениями геотермического поля (рис. 2). Геотермический градиент здесь составляет около 5°C на 100 м, а величина плотности теплового потока изменяется в пределах 2,0—2,6 мк кал/сек. см² [9] и соответствует среднемировому значению теплового потока для кайнозойских вулканических областей (2,16 мк кал/сек. см², [18]).

Остальная часть территории республики отличается пониженными значениями геотермического поля.

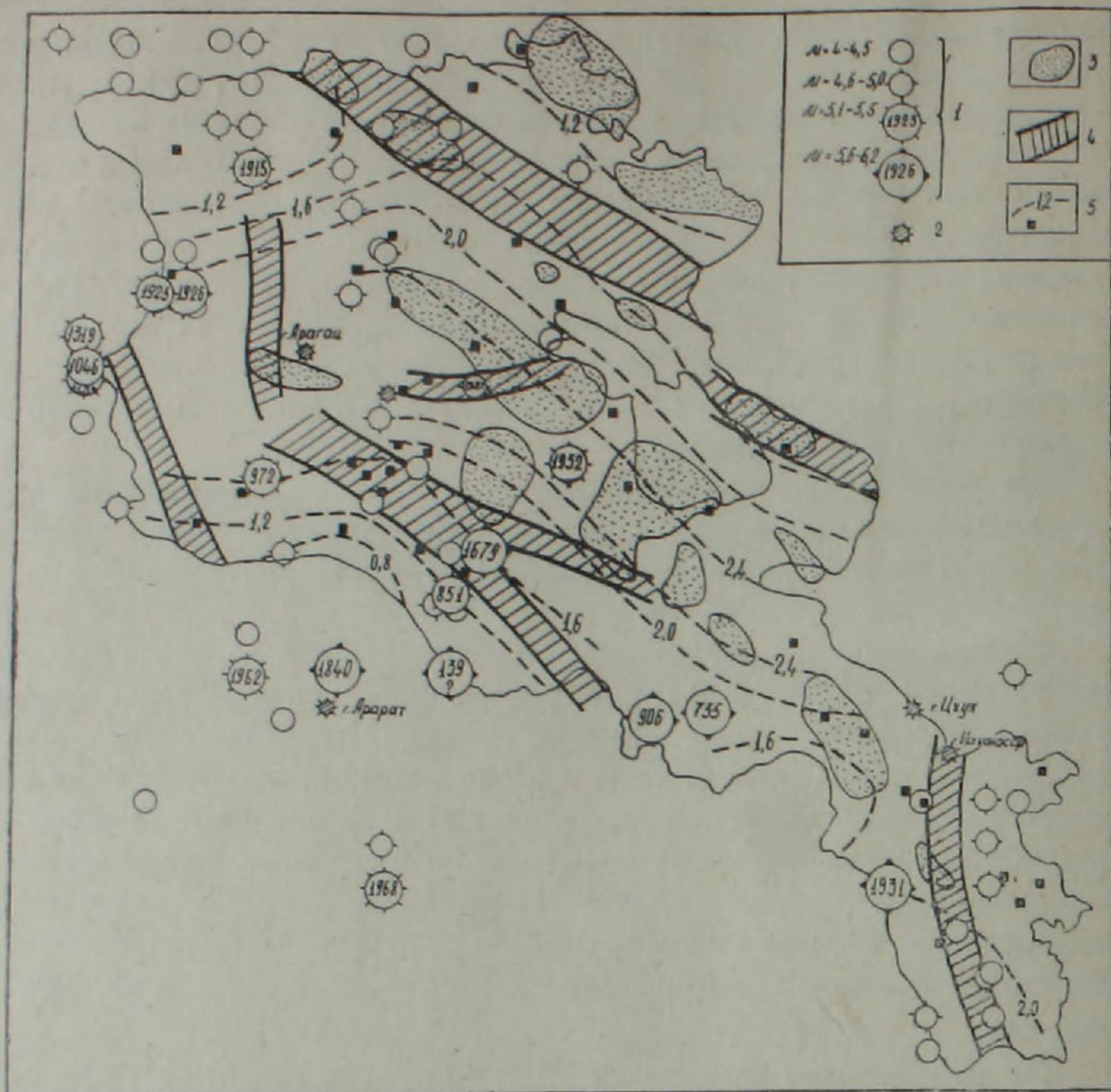


Рис. 2. Схема расположения зон высоких градиентов, положительных магнитных аномалий (ΔT_g) на высоте 4000 м [10], эпицентров сильных землетрясений (по макросейсмическим данным [5]) и изолиний теплового потока [9]. 1—эпицентры, дата и магнитуда землетрясений, 2—крупные вулканические центры, 3—положительные аномалии магнитного поля (ΔT_g) на высоте 4000 м, 4—зоны высоких градиентов гравитационного поля, 5—изолинии теплового потока (мк. кал/см² сек) и пункты определения геотермических параметров.

Интересно заметить, что южная, большая часть Арагацкой вулканической подзоны характеризуется пониженными значениями плотности теплового потока. На Арагацком массиве геотермических данных не имеется. Очень мало данных также на Ахалкалакском нагорье. Исходя из корреляционной связи магнитных и геотермических аномалий, выявленной в Гегам-Сюникской области [4], а также из «тенденций соответствия больших нерегулярных магнитных аномалий высоким величинам теплового потока и слабых магнитных аномалий—низким его величинам», наблюдаемых в других тектонически активных поясах Земли [17], можно полагать, что геотермическое поле в Арагац-Ахалкалакской зоне должно быть невысоким.

При сравнении карт размещения вулканических центров и эпицентров землетрясений, определенных по макросейсмическим данным

с высокой точностью (рис. 2), наблюдается следующая картина. Эвгеосинклинальная зона Малого Кавказа [3], в том числе и Гегам-Сюникская вулканическая область, характеризуется небольшим числом эпицентров почти исключительно слабых землетрясений (до 5—6 баллов). По частоте случаев и интенсивности землетрясений отличаются зона Араксинского прогиба и Транскавказский ареал.

Таким образом, обобщая все вышесказанное, можно заметить следующее: характерные черты пространственного распределения геофизических полей обусловлены не только донеогеновой тектонической зональностью, но и, в значительной степени, планом развития новейшего вулканизма, иногда не соответствующим плану донеогеновых тектонических структур. При этом Гегам-Сюникская вулканическая зона, находящаяся в пределах антиклинорного поднятия Малого Кавказа, характеризуется пониженными значениями силы тяжести, относительно слабой сейсмичностью, повышенными значениями геотермического поля и положительными интенсивными аномалиями магнитного поля.

Арагац-Ахалкалакская зона, пересекающая в своем простирании все донеогеновые тектонические зоны, отличается отрицательным магнитным полем на высоте 4 км и высокой сейсмичностью (до 8—9 баллов), а также пониженными значениями геотермического поля и относительным максимумом силы тяжести в своей южной части.

Очевидно, что все особенности геофизических полей парагенетически связаны между собой и объясняются глубинным строением указанных зон. Разные соотношения между геофизическими полями в Гегам-Сюникской и Арагац-Ахалкалакской зонах показывают, что эти зоны отличаются не только магматическими формациями [7, 20] и другими «поверхностными» геологическими признаками, но и глубинным строением.

Прежде чем попытаться выяснить связь геофизических полей с глубинным строением вулканических областей, необходимо подчеркнуть следующее.

1. Сейсмоактивность отдельных регионов непосредственно и тесно связана с современными тектоническими движениями земной коры. Она может быть связана с древними (донеогеновыми) структурами только в тех случаях, когда план новейших и современных движений наследует план древних деформаций.

2. Аномалии в современном геотермическом поле связываются как с унаследованными неотектоническими движениями, так и с движениями, не унаследованными, создавшими новообразованные (наложенные или сквозные) структуры [8]. При этом поднятия отличаются повышенными, а прогибы—пониженными значениями геотермического поля [8, 16—18].

На изучаемой территории интересные результаты дает сопоставление эпицентров землетрясений, геотермического и магнитного (снятого с высоты 4000 м) полей (рис. 2). Оказывается, области с крупными положительными аномалиями регионального магнитного поля ха-

рактируются минимальным числом эпицентров землетрясений. Таковыми регионами являются центральная часть антиклинорного поднятия Малого Кавказа и северо-восточная часть области раннеальпийской складчатости (район развития юрского вулканизма). Как было сказано выше, положительные аномалии магнитного поля интерпретируются как влияние крупных интрузивных тел.

Очевидно, сходство в отношении сейсмоактивности вышеотмеченных двух областей обусловлено не только возрастом складчатости [5, 14], но и, в первую очередь, характером неотектонических движений, обусловленным помимо возраста складчатости также строением земной коры в этих областях. Внедрение интрузивных тел в зону разломов и грешин, вероятно, способствовало образованию прочного консолидированного фундамента, тем самым сильно уменьшая возможность контрастных тектонических движений и их сейсмических последствий в современную эпоху.

Известно, что внедрение магмы и образование вторичных очагов возможно лишь в условиях всеобщего растяжения. Исходя из этого и учитывая закономерности, установленные между аномалиями геотермического поля и характером неотектонических движений, надо полагать, что повышенные значения геотермического поля в Гегам-Сюникской зоне обусловлены не только высоким положением теплового фронта, связанным с наличием вторичных магматических очагов, но и преобладающими условиями растяжения и восходящим характером неотектонических движений в этой области.

Судя по характеру магнитного поля Транскавказского ареала, магматические очаги основного состава, здесь, в отличие от Гегам-Сюникской области, либо отсутствуют, либо имеют небольшие размеры, или находятся глубже—ниже изотермы Кюри. В принципе, конечно, не исключается возможность существования крупных магматических очагов кислого-среднего состава. При наличии исключительно «благоприятных» соотношений между магнитными свойствами пород геологического разреза (когда магнитные свойства тела и окружающих пород идентичны), такие тела не отразились бы в магнитном поле. Однако, крупные кислые интрузии, известные в геологическом разрезе Армении, в магнитном поле отражаются, как правило, хорошо выраженными интенсивными отрицательными аномалиями [1], которые также отсутствуют в Арагац-Ахалкалакской области. На аэромагнитных картах, снятых с высоких уровней, область характеризуется слабоотрицательным магнитным полем. Следовательно, наличие здесь крупных магматических очагов, во всяком случае в верхней части земной коры, маловероятно.

С другой стороны наглядно, что Арагац-Ахалкалакская зона и Араксинский прогиб характеризуются примерно одинаковой высокой сейсмоактивностью и аналогичным слабоотрицательным магнитным полем. Этот факт в первую очередь показывает, что указанные регионы, резко отличавшиеся в новейшее время по характеру тектонических

движений, в современную эпоху живут аналогичным геотектоническим режимом. Такое соотношение сейсмоактивности и магнитного поля свойственно для областей погружения и сжатия, где тектонические движения, в общем имея отрицательный знак, отличаются также резкой контрастностью [3, 14]. Транскавказский ареал, имевший высокую проницаемость в верхнеплиоцен-нижнечетвертичное время (излияния базальтовых лав), затем вероятно, быстро перешел в зону сжатия.

Зоны растяжения, по которым из глубин Земли на поверхность поднимается магма, и зоны сжатия, в которых возникают надвиги, сбросы и землетрясения, в современных динамических поясах Земли сопряжены между собой [16]. При этом наблюдается одновозрастность вулканов со сбросами, обрамляющими зоны структурных поднятий. Однако искать связи вулканизма с такими, хотя и глубинными разломами, ошибочно. Магмопроводящими являются разрывы растяжения, в то время как сбросы, надвиги и другие разломы, крылья которых испытывали значительные перемещения относительно друг друга, сопровождаются сжатием и сильными землетрясениями и не образуют путей для вулканических извержений.

На рис. 3 представлена схема расположения плиоцен-четвертичных вулканических центров и главнейших разломов, выделенных разными исследователями [6, 10—13, 15] по геофизическим данным. Прежде чем попытаться выяснить отношение этих разломов к вулканизму, коротко рассмотрим те характерные черты геофизических полей, по которым они выделяются.

По характеру их отображения в геофизических полях разломы на территории Армянской ССР могут быть подразделены на следующие группы (рис. 2, 3):

1. Разломы, характеризующиеся зонами высоких градиентов силы тяжести, местами совпадающими с эпицентрами сильных землетрясений (разломы 3, 4, 7, 8 на схеме);

2. Разломы, характеризующиеся зонами высоких градиентов силы тяжести и линейными положительными аномалиями магнитного поля (разломы 1 и 2);

3. Разломы, характеризующиеся эпицентрами сильных землетрясений и нарушением структуры магнитного поля (разломы 5 и 6);

4. Разломы, характеризующиеся интенсивными положительными аномалиями магнитного поля (разломы 9 и 10).

Очевидно, что вышеописанные четыре группы разломов представляют разные типы нарушения сплошности земной коры.

Подробное описание характера каждой группы разломов не составляет цель этой статьи. Отметим только, что разные группы разломов имеют разные отношения к вулканизму. В связи с этим интересно заметить, что разломы, контролирующие расположение эпицентров сильных землетрясений, не имеют связи с какими-либо значительными аномалиями магнитного поля и, наоборот, разломы, сопровождаемые интенсивными положительными магнитными аномалиями, не контролируют

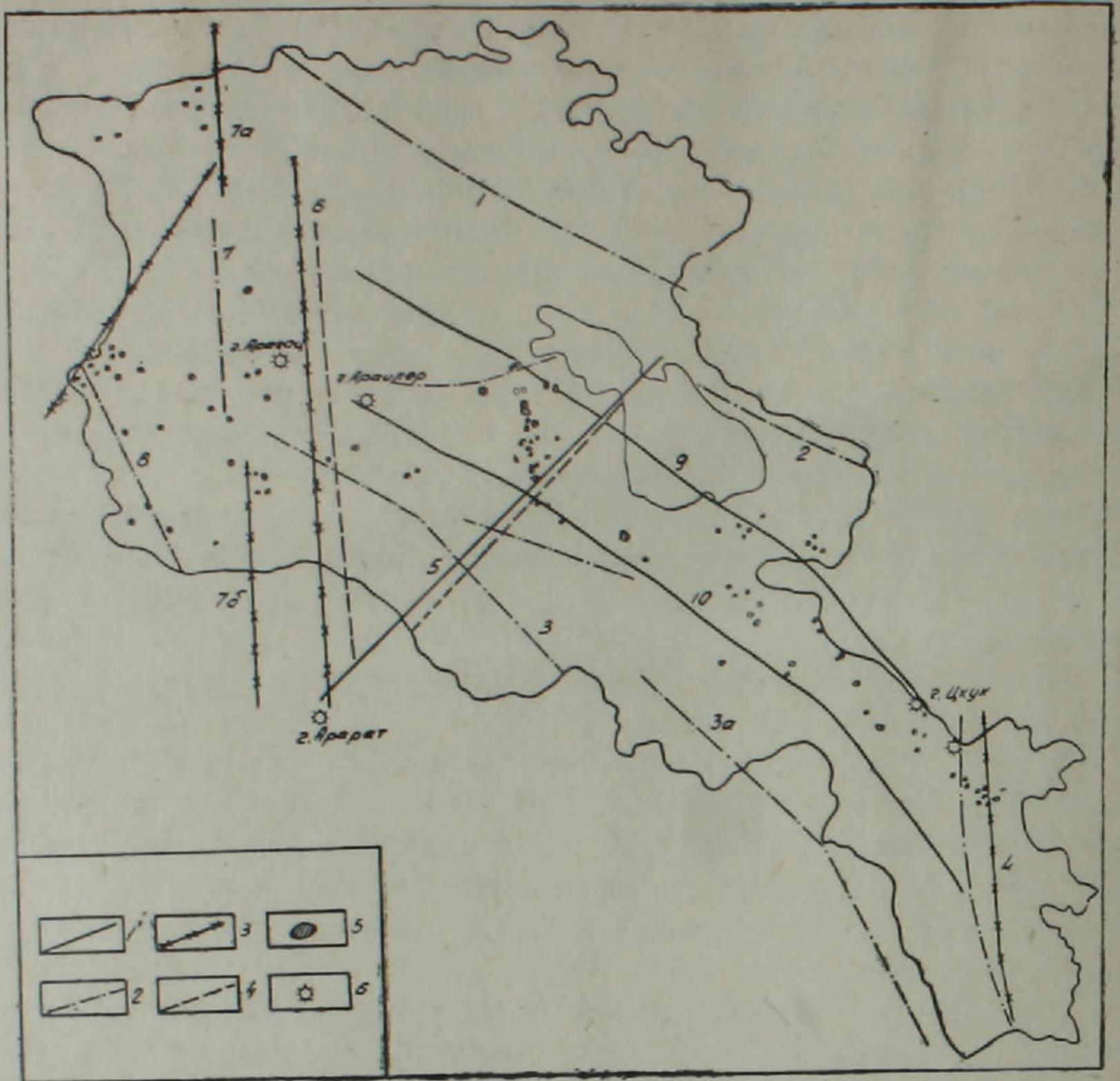


Рис. 3. Схема расположения вулканических центров и крупных разломов, установленных по геофизическим данным. Разломы, выделяемые: 1—по осям линейно расположенных положительных магнитных аномалий, наблюдаемых на высоте 4000 м, 2—по зонам высоких градиентов силы тяжести, 3—по эпицентрам сильных землетрясений, 4—по зонам смены простираний магнитных аномалий. Вулканические центры: 5—многочленные, 6—полигенные.

ют расположение эпицентров сильных землетрясений. При этом зоны высоких градиентов силы тяжести могут быть приурочены как к первому типу, так и ко второму типу разломов (рис. 2).

Исходя из всего вышеизложенного, разломы, выделяемые по геофизическим данным, условно можно подразделить на сейсмогенные и магмопроводящие. К магмопроводящим, в первую очередь, следует относить разломы четвертой группы. Как видно из схемы (рис. 3), они контролируют вулканические проявления Гегам-Сюникской области. Эти разломы образовались в центральной части антиклинорного поднятия—в зоне наибольшего растяжения. Вероятно, наибольшую, возможно сквозную, проницаемость они имели в верхнем плиоцене. Затем проницаемость разломов постепенно спала в связи с замедлением темпов поднятия, однако условия растяжения в общем сохранились до современной эпохи. В результате образовались крупные магматичес-

кие очаги, обусловившие четвертичные ареальные вулканические проявления Гегам-Сюникской области.

Что касается разломов второй группы, то они, вероятно, отличались более низкой проницаемостью и более коротким сроком магматической активности. Тем не менее, в зону этих разломов успели внедриться магматические тела, четко фиксируемые в магнитном поле.

Здесь нужно оговориться, что нами к магмопроводящим несколько условно относились только те разломы, зоны которых более или менее насыщены магматическими породами, создающими положительные магнитные аномалии. Однако нельзя отрицать возможности существования также магмопроводящих разломов, не насыщенных магматическими породами. Естественно, такие разломы в магнитном поле четко отражаться не могут.

К сейсмогенным относятся разломы первой и третьей групп. Они расположены в основном в пределах Транскавказского ареала и Приараксинского прогиба, где в современную эпоху преобладают условия сжатия. Из них разломы 6, 3 и 4 ограничивают Гегам-Сюникскую вулканическую область соответственно с запада, юго-запада и востока и, вероятно, являются границами блокового поднятия. Отмеченные три разлома являются наиболее сейсмоактивными из всех сейсмогенных разломов, что, вероятно, обусловлено наибольшей контрастностью неотектонических движений в их зонах.

Относительно возраста сейсмогенных разломов можно сделать некоторые выводы, исходя из их геофизических характеристик. Так, имея в виду, что наиболее сильными магнитными свойствами обладают плиоцен-четвертичные вулканогенные породы [2], можно полагать, что из сейсмогенных разломов наиболее молодыми являются те, которые, помимо других геофизических признаков, сопровождаются также зонами близнулевых или отрицательных значений магнитного поля (разломы 5 и 6). Интересно, что разлом 6 совпадает с границей двух магнитных зон—высокоаномальной магнитной зоны Гегам-Сюникской области и отрицательной магнитной зоны Транскавказского ареала (рис. 1, 3). Можно полагать, что заложение именно этого разлома обусловило различие в тектоническом развитии отмеченных вулканических зон.

Как было сказано выше, в Транскавказском ареале пока не выявлены интенсивные линейные магнитные аномалии, указывающие на наличие крупных магматических тел. Поэтому выяснение связи вулканизма с глубинными разломами здесь несколько затруднительно. Возможно, что некоторые из сейсмогенных в современную эпоху разломов (например, разломы 7 и 8) в период их заложения (или активизации) имели высокую сквозную проницаемость, обусловившую излияние базальтовых лав. Затем, вероятно, в связи с резким изменением знака тектонических движений, условия растяжения быстро сменяются условиями сжатия, и разломы теряют свою проницаемость. Кратковремен-

ность магматической активности разломов, видимо, исключала возможность образования крупных вторичных магматических очагов.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

Поступила 19.I.1976.

Մ. Ս. ԲԱԴԱԿՅԱՆ, Շ. Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս. Ա. ՓԻՐՈՒՋՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ՏԱՐԱԾՔՈՒՄ ՀՐԱԲԵՒԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ
ԵՎ ԳԵՈՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԴԱՇՏԵՐԻ ՈՐՈՇ ՀԱՐԱԲԵՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Նորագույն հրաբխականության շրջաններում առանձնանում են երկու գոտիներ, որոնք բնութագրվում են գեոֆիզիկական դաշտերի տարբեր հարաբերակցությամբ: Դրանք են՝ Գեղամ-Սյունիքի և Արագած-Ախալքալաքի գոտիները: Գեոֆիզիկական դաշտերի հարաբերակցության տարբեր բնույթը երկու հրաբխային գոտիներում մեկնաբանվում է հրաբխականության և սելսոմիկության տեսանկյունից: Ենթադրվում է, որ Գեղամ-Սյունիքի գոտին նորագույն ժամանակաշրջանում աչքի է ընկել երկրակեղևի ստորին հորիզոնների մեծ ճեղքայնությամբ ու թափանցելիությամբ, որի շնորհիվ մակերեւելիք 2—5 կմ խորության վրա առաջացել են երկրորդական հրաբխային օջախներ: Տեկտոնական խզումների խիտ ցանցի մեջ մազմայի ներդրումը միաժամանակ օժանդակել է ամուր միատարր հիմքի ստեղծմանը, որտեղ տարամետ տեկտոնական շարժումներն իրենց սելսոմիկ հետևանքներով հանդերձ բացառվում են:

Արագած-Ախալքալաքի գոտին ունեցել է ավելի կարճատև թափանցելիություն՝ հավանաբար նորագույն ժամանակաշրջանի միայն սկզբում: Ենթադրվում է, որ հրաբխային օջախներն այստեղ կամ տեղադրված են ավելի խորը, կամ ունեն լոկալ բնույթ: Ենթադրվում է նաև, որ այս գոտում այժմ գերակշռում են սնդման ուժերը և տարամետ տեկտոնական շարժումները:

Գեոֆիզիկական դաշտերի համադրման հիման վրա հողվածում շոշափվում են նաև նորագույն հրաբխականության, սելսոմիկության և տեկտոնիկայի կապի որոշ հարցեր:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Акопян Ц. Г. Магнитное поле Армении и его связь с тектонической зональностью. ДАН Арм. ССР, т. 29, № 5, 1959.
2. Акопян Ц. Г. Магнитное поле и палеомагнетизм кайнозойских эффузивных пород Армянской ССР. Изд-во АН Арм. ССР, Ереван, 1963.
3. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. «Айпетрат», Ереван, 1958.
4. 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.
5. Габриелян А. А., Пирузян С. А. Сейсмоструктурная схема Армении и сопредельных частей Антикавказа. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. 25, № 4, 1972.

6. Егоркина Г. В. и др. Строение земной коры северо-западной части Армении. «Сов. геология», № 6, 1973.
7. Карапетян К. И. Верхнеплиоцен-четвертичные магматические формации и вулканизм Армении. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 3, 1969.
8. Ласточкин А. Н. Связь геотермического режима с неотектоническими движениями и морфоструктурами нефтегазоносных областей. «Геоморфология», № 3, 1973.
9. Мириджанян Р. Т. О природе аномального повышенного геотермического поля Центрального района Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, 6, 1974.
10. Никольский Ю. И., Сироткина Т. И., Милай Г. А. Некоторые черты тектоники и истории геологического развития территории Армении по данным геофизики. Сб. «Методы разведочной геофизики», вып. 12, «Недра», Л., 1972.
11. Оганисян Ш. С. Связь аномалий силы тяжести с сейсмичностью (на примере Араратской котловины и сопредельных с ней районов Арм. ССР). ДАН Арм. ССР, т. 26, 1958.
12. Оганисян Ш. С. Гравитационное поле Армянской ССР и его геологическое истолкование. Материалы V Всесоюзной научно-технической конференции. Новосибирск, 1963.
13. Пирузян С. А. Новые данные по сейсмостектонике Большого Ереванского района. ДАН Арм. ССР, т. 16, № 4, 1965.
14. Пирузян С. А. Опыт детального сейсморайонирования территории Большого Ереванского района (юго-западная часть Армянской ССР). Изд-во «Айастан», Ереван, 1969.
15. Пирузян С. А. О причинах так называемых общих сотрясений или одновременных землетрясений. ДАН Арм. ССР, т. 17, № 1, 1966.
16. Святловский А. Е. Структурная вулканология. «Недра», 1971.
17. Смирнов Я. Б. Связь теплового поля со строением и развитием земной коры и верхней мантии. Геотектоника, № 6, 1968.
18. Хоран К., Уэда С. Тепловой поток в вулканических областях. Сб. «Земная кора и верхняя мантия». «Мир», М., 1972.
19. Ширинян К. Г., Аджимамудов Э. Б. Тектонические условия новейших вулканических проявлений Армении (по данным геофизических исследований). Сб. «Вулканизм и глубинное строение Земли». «Наука», М., 1966.
20. Ширинян К. Г. О связи петрографических и петрохимических особенностей новейших вулканических серий Армении с блоковыми структурами. В кн. «Вулканизм и формирование минеральных месторождений в Альпийской геосинклинальной зоне (Карпаты, Крым, Кавказ)». «Наука», 1973.