

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.38

М. С. БАДАЛЯН

## О ВОЗМОЖНОЙ ПРИЧИННОЙ СВЯЗИ ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ В ОБЛАСТИ НОВЕЙШЕГО ВУЛКАНИЗМА АРМЯНСКОЙ ССР И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Верхнеплиоцен—четвертичные вулканические проявления в пределах Армянской ССР локализуются в двух зонах. Одна из них, так называемая Северная вулканическая дуга [4], расположена в сводовой части Армянского мегантиклинория и охватывает Сюникское, Вайк-Варденинское вулканические нагорья. Вторая зона, или Транскавказский ареал [4], охватывает массивы гг. Арараг и Арагац, г. Араплер и Ахалкалакское нагорье.

При рассмотрении магнитного и геотермического полей в пределах этих двух зон привлекает внимание следующее: Северная вулканическая дуга, характеризующаяся крупными положительными аномалиями регионального магнитного поля, отличается также аномально повышенным геотермическим полем; в пределах Транскавказского ареала, по имеющимся данным, геотермическое поле имеет тенденцию к пониженным значениям, а региональное магнитное поле отличается преимущественно слабыми отрицательными аномалиями.

Предполагается, что эта связь магнитного и геотермического полей является не случайной и обусловлена глубинными условиями вулканизма в вышеописанных зонах. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

На карте наземной и аэромагнитной (на высоте 100 м) съемок областей новейшего вулканизма соответствует зона интенсивных аномалий обоих знаков. Установлено, что в создании аномалий большую роль играют эффузивные породы основного и среднего состава, имеющие высокую остаточную намагниченность [1]. При этом верхнеплиоцен—нижнечетвертичные базальтовые и другие лавы, особенно широко развитые в пределах Транскавказского ареала благодаря обратной намагниченности создают отрицательное поле; более молодые лавы, имеющие нормальную намагниченность, вызывают положительные аномалии. Однако, это не значит, что отрицательные аномалии всегда можно объяснить палеомагнитными явлениями. На высоких уровнях магнитной съемки древние породы, слагающие подлазовый фундамент и имеющие, в основном, слабые магнитные свойства [2], также могут создавать слабое отрицательное поле. На больших высотах влияние лавовых покровов уменьшается, а иногда и исчезает, и начинают влиять уже магнитовозмущающие объекты, залегающие на глубине. В таких случаях интенсивные локальные аномалии, наблюдаемые на общем отрицательном фоне, следует

интерпретировать как влияние глубинных масс, неоднородных по сравнению с окружающими породами [7].

Сравнение магнитных карт, снятых с разных высот, показывает, что возмущенное магнитное поле вулканических областей обусловлено не только толщей изверженных пород, но и глубинными магнитными телами.

По мере удаления от дневной поверхности, магнитное поле в Северной дуге и Транскавказском ареале меняется по-разному. Так, на относительной высоте 1000—1200 м Северная дуга характеризуется полосой интенсивных положительных аномалий, а сопредельные с ней районы — слабым отрицательным полем. Транскавказский ареал на такой высоте отличается, в основном, отрицательными аномалиями, обусловленными, по-видимому, мощными, обратно намагниченными эффузивами; только над массивом г. Арагац наблюдается сложная интенсивная аномалия.

На абсолютной высоте 4000 м магнитное поле Северной дуги вырисовывается в виде плотной цепи крупных линейных аномалий интенсивностью до 500—600 гамм. В пределах Транскавказского ареала на высоте 4000 м наблюдается лишь одна интенсивная аномалия (интенсивностью до 500 гамм) отрицательного знака, совпадающая с массивом г. Арагац, а в целом вся зона отличается слабым отрицательным полем (рис. 1).

Положительные магнитные аномалии в Северной дуге, наблюдаемые на высоких уровнях аэромагнитной съемки (при высоте 4000 и 9000 м), по всей вероятности, обусловлены насыщенностью этой зоны интрузивным материалом основного или ультраосновного состава. По весьма несложным расчетам, верхняя кромка магнитовозмущающих масс расположена на глубинах 2—5 км. Незначительное отличие в интенсивности и размерах в плане аномалий на высотах 4000 и 9000 м показывает, что эти тела имеют крупные размеры и большое распространение в глубину. В плане они расположены близко друг к другу и образуют плотную цепь, а в вертикальной плоскости, возможно, расположены этажами, и наблюдаемые аномалии являются их суммарным эффектом. Судя по всему, эти тела представляют собой вторичные магматические очаги вулканических проявлений Северной дуги. Существование таких очагов и примерно на таких же глубинах в областях ареального вулканизма Армении предполагается также и по геологическим данным [3].

Судя по характеру магнитного поля в пределах Транскавказского ареала, вторичные магматические очаги, подобные таковым в Северной дуге, здесь либо отсутствуют, либо имеют очень маленькие размеры, или находятся на больших глубинах — ниже изотермы Кюри. Что касается аномалии, наблюдаемой над массивом г. Арагац, то она имеет дипольный характер и по своей форме сходна с аномалиями, наблюдаемыми над многими кальдерами Японии [13]. На наш взгляд, эта аномалия может быть обусловлена присутствием тела, расположенного почти вертикально внутри массива Арагац и имеющего меньшую намагниченность, чем окружающие породы.

Теперь, после такого анализа магнитного поля, рассмотрим характерные черты геотермического поля вулканических областей Армянской ССР.

Северная дуга в первом приближении совпадает с зоной повышенных значений градиента и плотности теплового потока (рис. 2). Геотермический градиент здесь составляет около  $5^{\circ}\text{C}$  на 100 м, а величина плотности теплового потока изменяется в пределах 2,0—2,6 мккал/сек. см<sup>2</sup> и соответствует среднему значению теплового потока для кайнозойских вулканических областей (2,16 мккал/сек. см<sup>2</sup> [12]).

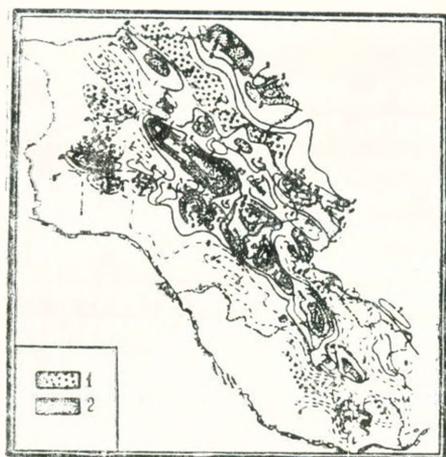


Рис. 1.

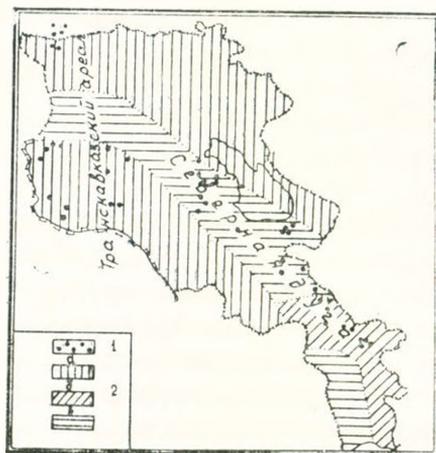


Рис. 2.

Рис. 1 Карта магнитного поля  $\Delta Ta$  на высоте 4000 м [9]. Экстремальные значения поля: 1—отрицательные; 2—положительные.

Рис. 2. Схема геотермического районирования (по Мирджаяну Р. Т.) и расположения вулканических зон. 1—вулканические центры; 2—зоны пониженных (а), средних (б) и повышенных (в) значений геотермического градиента и плотности теплового потока.

Южная, большая часть Арагацкой вулканической подзоны характеризуется пониженными значениями плотности теплового потока. На Арагацком массиве геотермических данных не имеется. Очень мало данных на Ахалкалакском нагорье, однако, по имеющимся данным, здесь тоже величина теплового потока не превышает 1,8 мккал/сек. см<sup>2</sup>. Если учесть также, что зона повышенных значений геотермического поля к северо-западу продолжается и пересекается Транскавказским ареалом (рис. 2) только по значениям 1—2 измерений, то можно заметить, что в Транскавказском ареале геотермическое поле в целом имеет тенденцию к пониженным значениям.

Таким образом, в областях новейшего вулканизма Армянской ССР наблюдается прямая пространственная корреляция между геотермическим и региональным магнитным полями: области с повышенными значениями регионального магнитного поля характеризуются также повышенными значениями геотермического поля. Исходя из этого, можно по-

лагать, что вышеописанные максимумы геотермического и магнитного полей, возможно, имеют единый источник. Такими источниками могут быть крупные магматические очаги, расположенные в верхних и средних ярусах земной коры. Как было сказано выше, глубина залегания верхней кромки предполагаемых очагов составляет 2—5 км. Если даже полагать, что геотермический градиент, составляющий в этой области около  $5^{\circ}\text{C}$  на 100 м, не уменьшается с глубиной, то глубина, на которой достигается температура Кюри для ферромагнитных минералов, должна составлять не менее 15 км. Это значит, что мощность магнитовозмущающих объектов может составлять 10—13 км. Интрузивные тела основного состава, имеющие такую мощность, вполне способны создать описанные выше аномалии.

Аномалии же геотермического поля, вероятно, обусловлены более глубокими частями магматических очагов, имеющими большие температуры.

Р. Т. Мириджанян [8], в общем не исключая возможности возникновения тепловых аномалий за счет магматических очагов, придает последним второстепенное значение. При этом он ссылается на результаты аналитических расчетов [10], по которым аномалии от вторичных очагов и магмоподводящих каналов затухают на сравнительно близких расстояниях, не получив регионального распространения. Однако, очаги и магмоподводящие каналы, рассматриваемые в работе [10], имеют сравнительно мелкие размеры и представляют «поверхностную» вулканическую активность. Тепловой поток, связанный с такими объектами, обусловлен не только обычной теплопроводностью, но и переносом масс и носит локальный характер. Такие локальные аномалии обычно имеют высокую интенсивность (до 9—13 мккал/сек. см<sup>2</sup> для вулканов Японии [12]) и могут сильно изменяться от места к месту.

Магматические очаги, предполагаемые по магнитным данным в Северной дуге, имеют несравненно большие размеры, большое распространение в глубину и в данном случае представляют подповерхностную вулканическую активность. Обычно, такой подповерхностной вулканической активностью объясняются высокие значения регионального теплового потока в других вулканических областях [12].

Таким образом, есть основание полагать, что аномалии регионального магнитного и геотермического полей в Северной дуге связаны с одними и теми же объектами—вторичными магматическими очагами.

С другой стороны, следует учесть также влияние неотектонических движений на формирование геотермического поля.

Аномалии в современном геотермическом поле связываются с наиболее молодыми (неоген-четвертичными) структурообразующими движениями [6]. При этом механизм влияния неотектонических движений на распределение теплового поля представляется в следующем виде [5, 6].

Геотермические аномалии, в основном, отражают интенсивность и направленность вертикальной миграции по-разному нагретых подземных

вод в трещинной среде. А степень раскрытости трещин, по данным инженерно-геологических исследований, определяется неотектоническими движениями [5]; в новейших впадинах трещины чаще всего имеют сомкнутые стенки, на поднятиях господствуют условия растяжения.

Аналогичная связь наблюдается также между зонами растяжения и проявлениями вулканизма. Связь вулканизма с зонами растяжения, структурного поднятия и повышенного теплового потока выдерживается для всех вулканических областей, различаясь по масштабу этих процессов для районов с различными типами активизации земной коры [11]. При этом зоны растяжения, по которым из глубин Земли на поверхность поднимается магма, в современных динамических поясах Земли сопряжены с зонами сжатия, в которых возникают надвиги, сбросы и землетрясения [11].

Северная вулканическая дуга приурочена к сводовой части Центрального геоантиклинального поднятия Армении. Этот факт показывает, что аномально высокий тепловой поток в этой области связан с повышенным положением теплового фронта, обусловленным как наличием вторичных магматических очагов, так и существованием целых систем трещин растяжения, обусловленных структурным поднятием.

В связи с этим можно полагать, что зона Транскавказского ареала, имевшая высокую проницаемость в верхнеплиоценовое время (извержения базальтовых лав), в четвертичное время быстро перешла в зону сжатия, о чем свидетельствуют как пониженные значения геотермического поля, так и высокая сейсмичность в этой области.

В заключение надо отметить, что выделенные два фактора (магматические очаги и раскрытость трещин), которые могут влиять на распределение геотермического поля, взаимосвязаны и объясняются особыми глубинными условиями вулканизма области. В их взаимоотношении главную роль надо придавать первому фактору. Различия в теплопроводности разных участков Земли могут оказывать влияние на аномальные значения теплового потока, но не могут обуславливать аномалии большой протяженности.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии  
АН Армянской ССР

Поступила 12.V.1975.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян Ц. Г. Магнитное поле и палеомагнетизм кайнозойских эффузивных пород Армянской ССР. Изд-во АН Арм. ССР, Ереван, 1963.
2. Геология Армянской ССР, том X. Геофизика. Изд-во АН Арм. ССР, Ереван, 1963.
3. Карапетян К. И. Петрохимические особенности четвертичного вулканизма Гегамского нагорья и Айоцдзора (Армения). Сб. «Петрохимические особенности молодого вулканизма». Лаборатория вулканологии, М., 1963.
4. Карапетян К. И. Верхнеплиоцен—четвертичные магматические формации и вулканизм Армении. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 3, 1969.

5. Ковальский В. Неотектонические движения—инженерно-геологический фактор. Проблемы инженерной геологии. Изд-во МГУ, 1970.
6. Листочкин А. Н. Связь геотермического режима с неотектоническими движениями и морфоструктурами нефтегазоносных областей. Геоморфология, 3, 1973.
7. Логачев А. А. Методическое руководство по аэромагнитной съемке. Госгеолтехиздат, М., 1955.
8. Мириджанян Р. Т. О природе аномально повышенного геотермического поля Центрального района Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле № 6, 1974.
9. Никольский Ю. И., Сироткина Т. Н., Милай Г. А. Некоторые черты тектоники и истории геологического развития территории Армении по данным геофизики. Сб. «Методы разведочной геофизики», вып. 12, «Недра», Л., 1971.
10. Поляк Б. Г. Геотермические особенности области современного вулканизма (на примере Камчатки). «Наука», М., 1966.
11. Святловский А. Е. Структурная вулканология. «Недра», М., 1971.
12. Хоран К., Уэда С. Тепловой поток в вулканических областях. Земная кора и верхняя мантия. «Мир», М., 1972.
13. Hagiwara J. Analysis of the results of the aeromagnetic surveys over volcanoes in Japan, Bull. Earthquake Res. Inst., Tokyo Univ., 43, 1965.