

УДК 550.838.311

М. С. БАДАЛЯН

ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ВУЛКАНОВ
ГЕГАМСКОГО НАГОРЬЯ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Гегамское нагорье в настоящее время считается геологически хорошо изученным. Несмотря на это, некоторые вопросы вулканизма нагорья остаются спорными. В частности, большие споры и разногласия между исследователями вызывают вопросы связи вулканизма с трещинной тектоникой, характера вулканической деятельности и т. д.

Довольно детальный разбор и критика взглядов и представлений разных исследователей по этим вопросам приводятся в работах К. И. Карапетяна [3] и Э. Х. Харазяна [8]. Не углубляясь в детали этих представлений, их в общем можно подразделить на две группы: представления об ареальном характере извержений, предполагающие существование неглубокозалегающих вулканических очагов; представления о трещинном характере извержений, исключающие возможность существования близповерхностных магматических очагов. Изучение глубинного строения вулканических аппаратов, которому посвящена настоящая статья, способствует однозначному разрешению этого вопроса.

Забегая вперед отметим, что геофизические данные свидетельствуют в пользу первой концепции: под многими моногенными вулканами нагорья обнаруживаются неглубокозалегающие субвулканические тела, представляющие собой, по всей вероятности, застывшие магматические очаги вулканов.

Какие геофизические данные имеются для таких утверждений. В первую очередь надо указать на аэромагнитную карту, снятую с высоты 100 м с обтеканием рельефа. На этой карте Гегамское нагорье в целом отличается высскоаномальным магнитным полем. Установлено, что возмущенное магнитное поле нагорья в основном обусловлено высокой остаточной намагниченностью неоген-четвертичных изверженных пород [1]. Палеогеновые и мезозойские отложения, а также породы нижнепалеозойского метаморфического комплекса, слагающие подлавовый фундамент, обладают слабыми магнитными свойствами [2].

На общем возмущенном фоне магнитного поля выделяются многочисленные локальные положительные аномалии, большинство из которых пространственно совпадает с вулканическими конусами (рис. 1). В некоторых случаях, когда центры аномалий точно совпадают с вершинами вулканов (рис. 1а), создается ложное впечатление, что аномалии обусловлены влиянием вулканического рельефа. В самом деле, рельеф местности, особенно, если он сложен магнитными породами, в значительной степени отражается в магнитном поле. Влияние рельефа ска-

зывается двойко. Во-первых, криволинейная форма поверхности наблюдения (как при наземной, так и аэромагнитной съемке с обтеканием рельефа) приводит к возникновению топографических аномалий. Во-вторых, изменение мощности магнитных пород вызывает дополнительные аномалии.

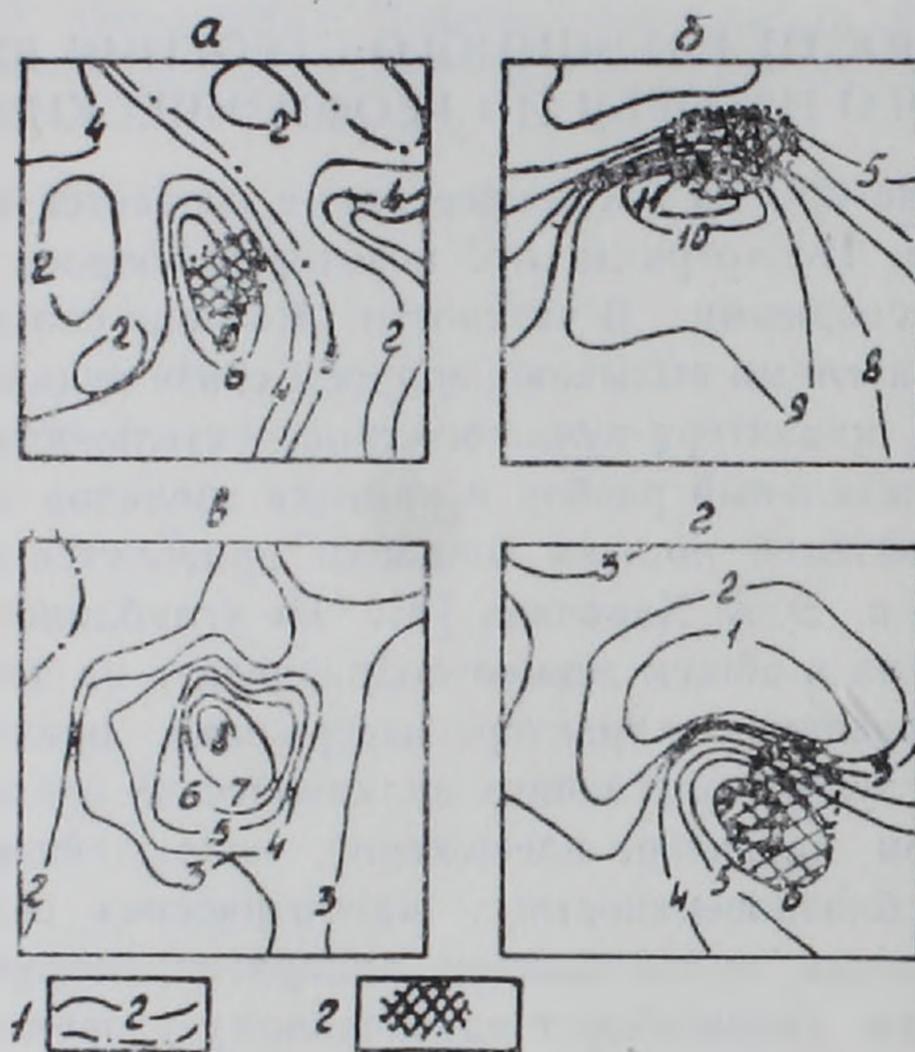


Рис. 1. Локальные аномалии (ΔT_a), наблюдаемые: а) над вулканом Тар; б) над вулканом В. Богусар; в) на гладкой, слегка наклонной местности, в 3,5 км к юго-востоку от Ковасара; г) над вулканом Севкатар. 1—изолинии ΔT_a в мэ; 2—вулканические конусы.

Однако точное совпадение контуров локальных аномалий и вулканических конусов не повсеместное. В большинстве случаев центры аномалий несколько смещены от конусов в разных направлениях (рис. 1б, г). Кроме того, аналогичные локальные аномалии иногда наблюдаются независимо от какой-либо вулканической постройки, на совершенно ровной местности, где трудно полагать утолщение изверженных пород (рис. 1в). И, наконец, известны также случаи, когда вулканические конусы не сопровождаются локальными аномалиями. Например, такие крупные шлаковые постройки, как вулканы Аждаак, Кармратумб, Мазаз, Цлуглук не обнаруживают связи с какими-либо значительными аномалиями.

Исходя из всего вышесказанного, надо полагать, что влияние вулканического рельефа не является главным фактором формирования локальных магнитных аномалий, хоть и вносит в них свои искажения. Аномалии, в основном, вызываются глубокозалегающими магнитоактивными объектами.

Высказанное предположение подтверждается наземными гравимагнитными наблюдениями и аналитическими расчетами, выполненными на основании изучения магнитных свойств пород вулканов.

Наземные наблюдения производились по профилям, проходящим через вершины вулканов. Шаг наблюдений составлял от 25 до 50 м. Образцы для определения магнитных свойств пород были взяты преимущественно из пунктов наблюдения.

При интерпретации наземных магнитных профилей основная задача состояла в попытке установить какой именно частью вулканического аппарата создается аномалия: вулканическим конусом или же другими магнитоактивными массами, залегающими в глубине. Для решения этого вопроса рассчитывались теоретические аномалии от вулканических конусов, в предположении, что породы, слагающие конусы, намагничены однородно. Интенсивность намагниченности принималась равной средней намагниченности пород соответствующих вулканов. Теоретические аномалии сравнивались с наблюдаемыми. Совпадение кривых показывает, что наблюдаемая аномалия вызвана только вулканическим конусом. Если же наблюдаемая аномалия превосходит рассчитанную по интенсивности, то очевидно, что в создании аномалии, кроме вулканического конуса, принимает участие также другой объект, скрытый в массиве конуса или под ним. Разность наблюдаемой и теоретической аномалии дает так называемую остаточную магнитную аномалию, обусловленную только скрытыми магнитовозмущающими объектами. Для определения формы и элементов залегания последних, остаточные магнитные аномалии пересчитаны на различные высоты. Все расчеты выполнены на ЭВМ, по типовым программам, разработанным в ВИРГ [5, 6].

Данные гравиметрических наблюдений использовались только для качественной интерпретации, так как разделение влияния на них поверхностных и глубинных факторов оказалось затруднительным.

В качестве конкретных примеров рассмотрим результаты геофизического изучения вулканов группы Акналич, Богусар и Норадуз, отличающихся друг от друга как по характеру магнитного поля, так и по подповерхностной структуре.

Вулканы группы Акналич расположены в центральной части Гегамского нагорья. Выражены они шлаковыми постройками. Продукты извержений имеют андезитовый, андезито-базальтовый состав [3]. Интенсивность остаточной намагниченности для шлаков и лав соответственно составляет $2500 \cdot 10^{-6}$ СГС и $5000 \cdot 10^{-6}$ СГС. Породы намагничены нормально. Угол наклона вектора намагниченности к горизонтальной плоскости составляет 50° .

Вулканы изучены по четырем гравимагнитным профилям. Наблюдаемые магнитные аномалии (рис. 2 а) имеют типичный для шлаковых конусов пилообразный характер, что во многом обусловлено неоднородным намагничением пород, слагающих вулканические конусы. Вычисление теоретических аномалий показывает, что эффект рельефа и шлаковых массивов составляет лишь незначительную часть наблюдаемых аномалий (рис. 2 а). Остаточные магнитные аномалии отличаются узкими максимумами на вершинах конусов. Для выяснения характера

скрытых аномалообразующих объектов выполнен пересчет магнитного поля на различные высоты и на основании этого составлена карта Z_a в вертикальной плоскости (рис. 2б). Исходя из этой карты и судя по формам остаточных аномалий Z_a , нужно полагать, что последние вызваны крутопадающими столбобразными телами, по всей вероятности, подводными каналами вулканов, заполненными магмой. С этими телами, в частности, могут быть связаны также относительные максимумы, наблюдаемые над вершинами конусов и совпадающие с максимумами Z_a (рис. 2а).

Аномалии Буге рассчитаны для плотности $1,8 \text{ г/см}^3$, определенной по способу Неттольтона [7]. Влияние рельефа рассчитано с радиусом 10 км. Вулканы группы Акналич, как и большинство шлаковых и шлаково-лавовых вулканов, в общем характеризуются более или менее четко выраженными гравитационными минимумами, осложненными относительными максимумами. Сравнительно небольшую интенсивность относительных максимумов, видимо, надо объяснить небольшим различием между плотностями аномалообразующих объектов и окружающих пород. Что же касается минимумов аномалий Буге (вулкан Лодочникова), то они, на наш взгляд, могут быть связаны с воронками взрыва, расположенными под вулканическими конусами и заполненными шлаками или другими рыхлыми материалами.

Дополнительные данные о глубинном строении вулканов группы Акналич дает аэромагнитная съемка. Карта ΔT_a , снятая в районе Акналич на относительной высоте 100 м, указывает на существование сложной подповерхностной структуры (рис. 2в). Для уменьшения эффекта приповерхностных факторов (лавовые потоки, шлаковые конусы и т. д.) магнитное поле пересчитано на высоту. На новой карте, полученной в результате пересчета поля на высоту 500 м, вычерчивается вытянутая в северо-западном направлении локальная аномалия ΔT_a . Очевидно, аномалия вызвана глубокозалегающим магнитоактивным объектом, каким может быть субвулканическое тело, из которого питались вулканы группы Акналич. По выполненным расчетам глубина залегания тела составляет около 1000 м.

Вулканы Богусар (З. Богусар, Богусар и В. Богусар) расположены в высокоградиентной гравитационной зоне, проходящей в субширотном направлении и интерпретируемой [2] как эффект крупного разлома. Высокоградиентная зона в пределах Гегамского нагорья сопровождается локальными магнитными аномалиями, четко выделяющимися на крупномасштабной аэромагнитной карте. По всей вероятности, аномалии вызваны интрузивными телами среднего или основного состава, внедрившимися в зону разлома.

Локальные аномалии ΔT_a , наблюдаемые в районе вулканов Богусар (рис. 3а), подтверждаются также наземной магнитной съемкой. Для выяснения характера аномалообразующих объектов, рассмотрим магнитометрический профиль через вулкан Богусар, над которым изолинии ΔT_a наилучшим образом совпадают с контуром конуса. Теорети-

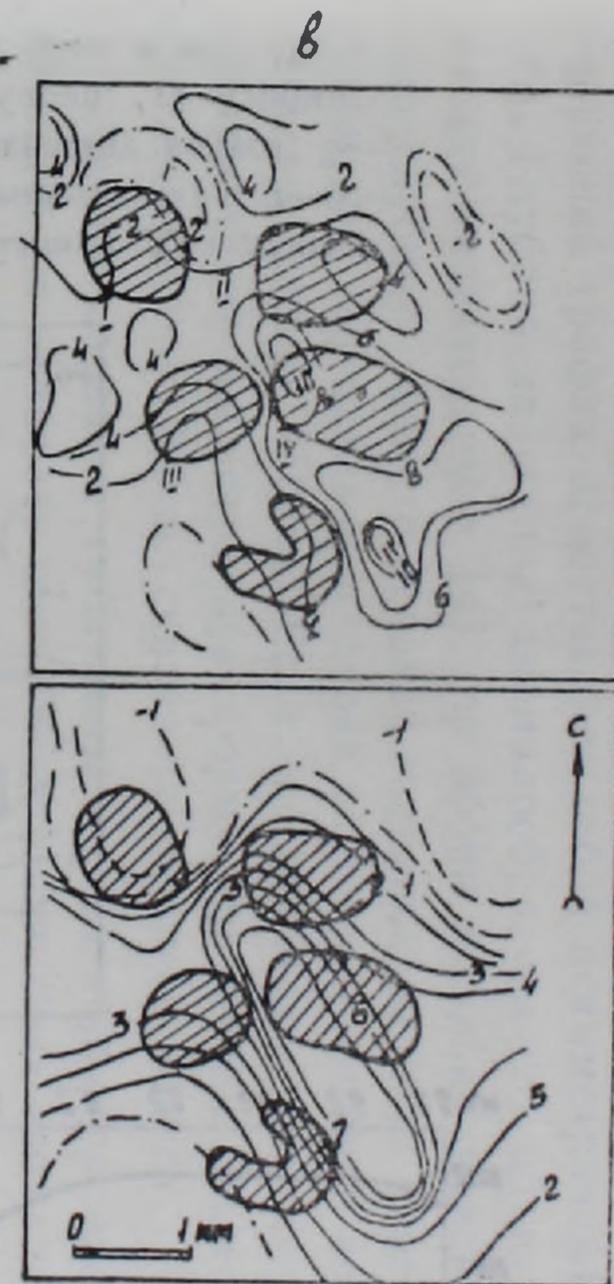
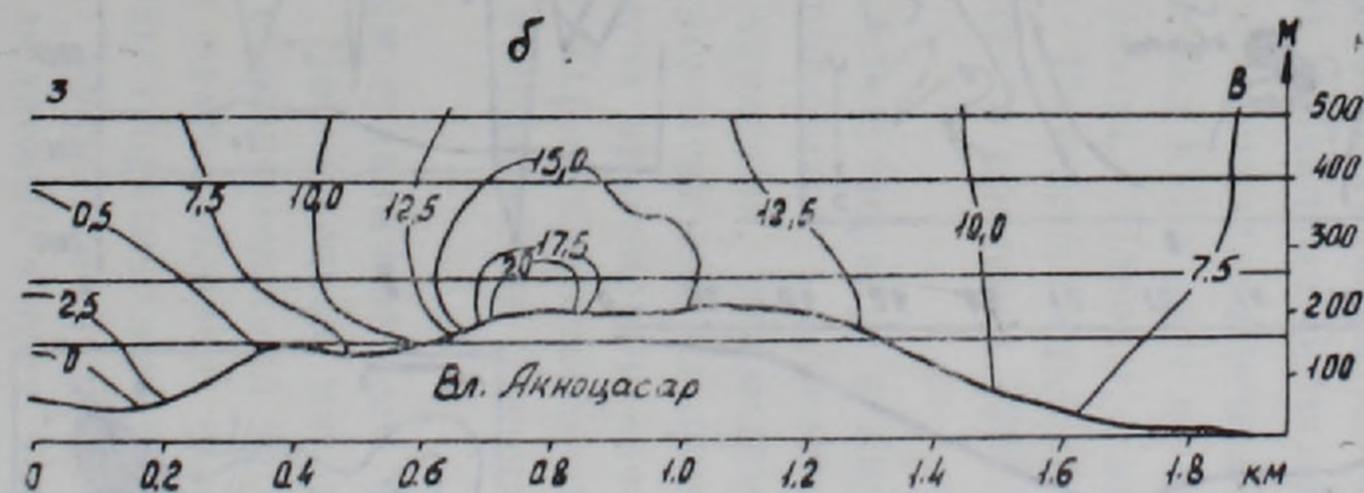
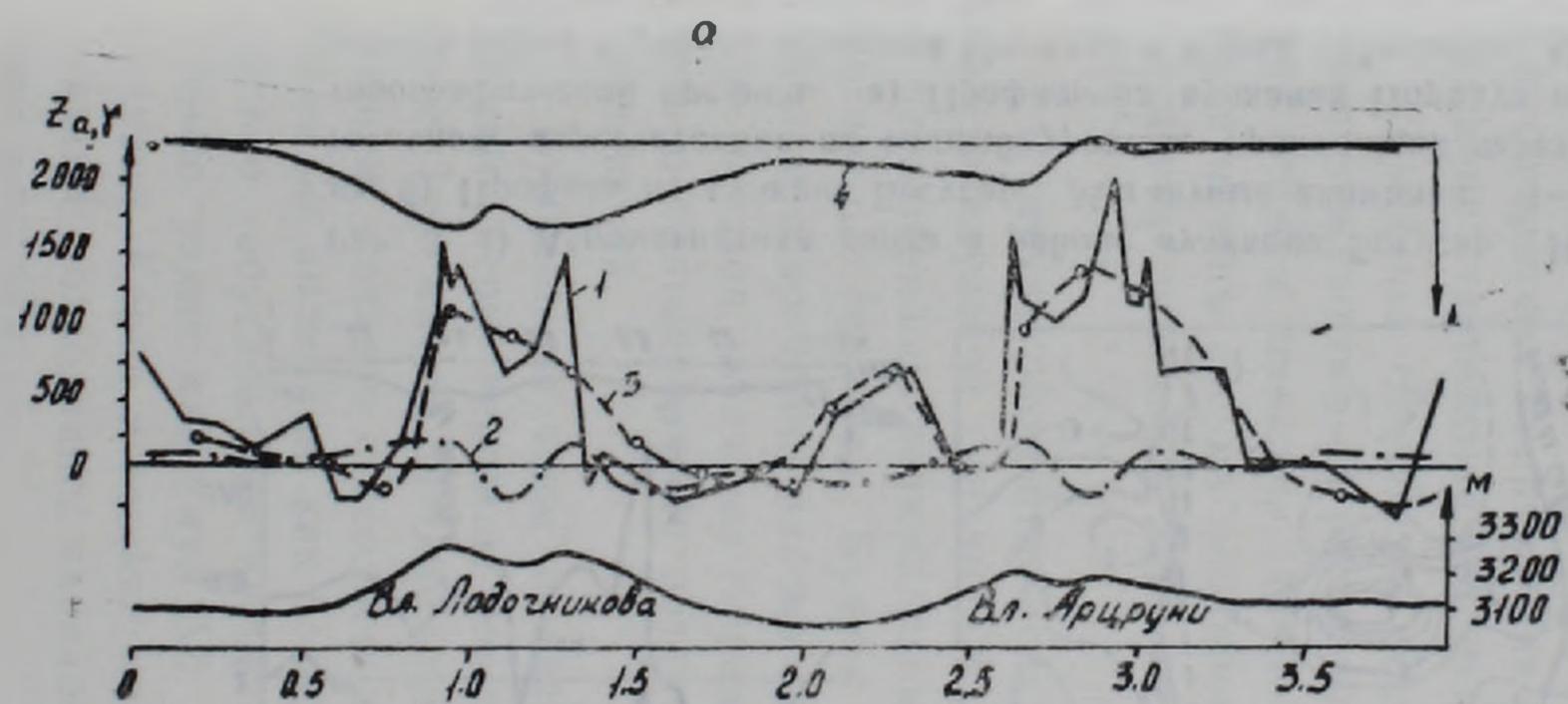


Рис. 2. а) Профили на вулканах группы Аяналич. Магнитные аномалии: 1—наблюденная; 2—теоретическая; 3—остаточная; 4—аномалия Буге. б) Магнитное поле в вертикальной плоскости на одном из вулканов группы Аяналич. Изолинии Z_a даны в мГ. в) Карты аномалий магнитного поля над вулканами Лодогникова (I), Арцруни (II), Парос (III), Аяноцасар (IV), Аяани (V) группы Аяналич. Вверху: карта, снятая с высоты 100 м. Внизу: карта на относительной высоте 500 м, вычисленная на основании верхней карты. Изолинии ΔT_a даны в мГ.

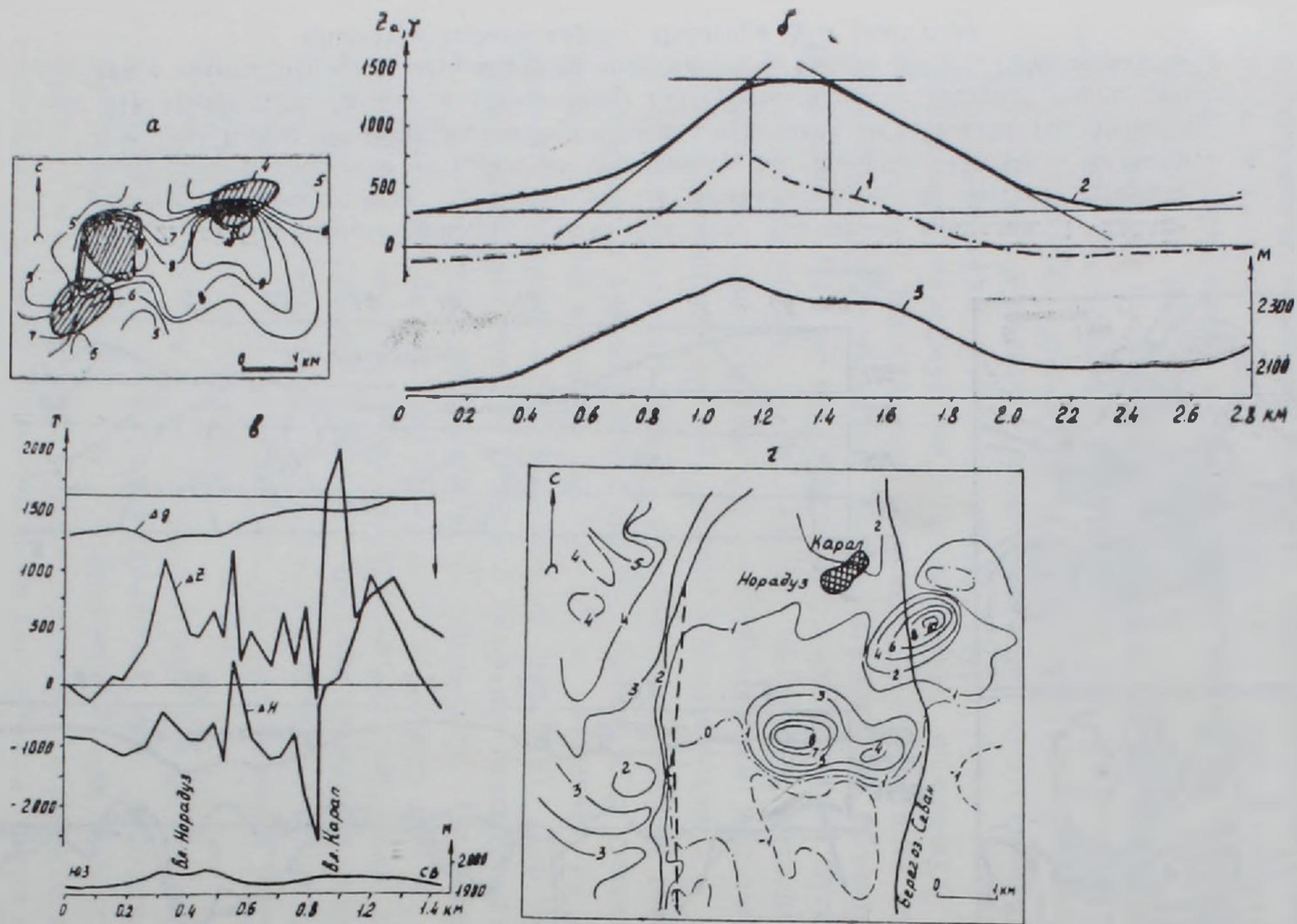


Рис. 3. а) Аэромагнитная карта в районе вулканов Богусар. Изолинии ΔT_a даны в мГ. б) Профиль на вулкане Богусар. Магнитные аномалии: 1—теоретическая; 2—остаточная, пересчитанная на единый уровень, проходящий через вершину конуса; 3—топографический профиль. в) Профиль на вулканах Норадуз и Карап. г) Аэромагнитная карта в районе вулканов Норадуз и Карап. Изолинии ΔT_a даны в мГ. Пунктирной линией показан сброс, предполагаемый по магнитным данным.

ческая аномалия Z_a от вулкана Богусар рассчитана в соответствии с магнитными свойствами пород конуса ($I_n = 3000 \cdot 10^{-6}$ СГС). После вычитания ее от наблюдаемой аномалии, остаточная аномалия пересчитана на единый уровень, проходящий через вершину вулкана. Результирующий график представляет собой асимметричный максимум (рис. 3б). Глубина залегания аномалообразующего объекта рассчитана по методу «касательных» [4], по обоим крыльям максимума. За истинную глубину принято среднее значение от двух определений. По расчетам для вертикального штока глубина залегания верхней кромки составляет около 850 м. Если же полагать, что аномалообразующий объект имеет изометричную форму, то глубина залегания его центра составит около 1200 м, считая от вершины конуса.

Таким образом, субвулканический характер аномалообразующих объектов не вызывает сомнений. Магнитные аномалии (ΔT_a), наблюдаемые в районе Богусар (рис. 3а), на наш взгляд, вызваны вытянутым в субширотном направлении глубокозалегающим телом, имеющим восходящие ответвления (штоки) под вулканами Богусар и В. Богусар.

Вулканы *Норадуз* и *Карап* представлены небольшими конусами, расположенными на расстоянии около 400 м друг от друга. Первый из них сложен шлаками, второй—лавами. Породы, слагающие конусы, намагничены весьма неоднородно. Интенсивность остаточной намагниченности шлаков и лав меняется в пределах $3000 \cdot 10^{-6}$ — $6000 \cdot 10^{-6}$ СГС.

В структурном отношении вулканы *Норадуз* и *Карап* расположены на *Норадузской* синклинали, выполненной лёссовидными суглинками и пролювиально-делювиальными наносами, имеющими очень слабые магнитные свойства. Будучи расположенными на практически не магнитном основании, далеко от других вулканов и «посторонних» лавовых потоков, вулканы *Норадуз* и *Карап* представляют собой исключительно благоприятный объект для применения магнитных методов исследований.

Вулканы изучены по наземным гравимагнитным профилям, проходящим через вершины конусов. Наблюдаемые магнитные аномалии (рис. 3в) имеют пилообразный, резкопеременный характер, что, в основном, связано с неоднородным намагничением изверженных пород. Сами же аномалии, как показывают теоретические расчеты, почти полностью обусловлены магнитным эффектом вулканических конусов. Только узкий максимум ΔZ , наблюдаемый в трех точках на вершине вулкана *Карап* и сопровождаемый изменением знака ΔH , возможно, связан с подводным каналом вулкана, заполненным магмой и уходящим в глубину.

Аномалии *Буге* рассчитаны для плотности $2,3 \text{ г/см}^3$. На вулкане *Норадуз* наблюдается небольшой минимум (рис. 3в). Этот минимум, на наш взгляд, может быть обусловлен как более низким фактическим значением средней плотности шлакового массива, так и существованием воронки взрыва под вулканом.

От юго-запада к северо-востоку наблюдается некоторое повышение магнитного и гравитационного полей, обусловленное, видимо, постепенным изменением соотношения между мощностями шлаков вулкана Норадуз и лав вулкана Карап (лавы в данном случае превосходят шлаки не только по плотности, но и по магнитным свойствам).

С высоты 100 м район вулканов отличается совершенно спокойным близнулевым магнитным полем (рис. 3г). Это, в первую очередь, говорит о том, что мощность продуктов извержений вулканов незначительна (меньше 30 м). А это значит, что о «паразитическом» происхождении вулканов не может быть и речи. На лавовом потоке малой мощности трудно полагать образование «паразитических» конусов, хоть и маленьких размеров.

С другой стороны, трещина, излившая лавы на протяжении более 0,5 км, при такой благоприятной геолого-геофизической обстановке, какая имеется в данном случае, должна была отражаться в магнитном поле. На самом же деле никаких геофизических признаков, указывающих на трещинный характер извержений вулканов, не обнаруживается.

Очевидно, Норадуз и Карап представляют собой самостоятельные вулканы центрального типа. При этом надо полагать, что очаги (или очаг), питавшие вулканы, либо имеют очень маленькие размеры, либо находятся на большой глубине, или же залегают не под вулканами, а в стороне от них. В связи с этим интересно было выяснить природу интенсивных локальных аномалий ΔT_a , наблюдаемых в 1—3 км к югу и юго-востоку от вулканов (рис. 3г).

Расчеты показывают, что эти аномалии вызваны интрузивными телами основного или среднего состава, имеющими изометрическое сечение и залегающими на глубине 500—800 м от дневной поверхности. Судя по всему, образование интрузивных тел и извержения вулканов парагенетически связаны между собой и являются выражениями единого тектоно-магматического процесса. Возможно, что вулканы были связаны с обнаруженными телами, как с питающими очагами. В таком случае следует полагать, что имела место почти горизонтальная миграция магмы от очага к дневной поверхности.

Таким образом, приведенные примеры по геофизическому изучению глубинного строения вулканов подтверждают представления об ареальном характере вулканизма Гегамского нагорья [3]. Совместный анализ наземных и аэромагнитных данных показывает, что многочисленные локальные аномалии ΔT_a , наблюдаемые в пределах нагорья, вызваны субвулканическими телами, служившими, по всей вероятности, питающими очагами для моногенных вулканов.

Մ. Ս. ԲԱԴԱԼՅԱՆ

ԳԵՂԱՄԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԿՈՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ
ԳԵՈՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐՈՎ

Ա մ փ ո փ ու մ

Գեղամի մի շարք հրաբխային կոների վրա կատարած գեոֆիզիկական ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ վերջիններս բնութագրվում են մագնիսական դաշտի ուղղաձիգ բաղադրիչի դրական անոմալիաներով: Դիտարկված կոների համեմատությունը հրաբխային կոների համար հաշվված տեսական անոմալիաների հետ ցույց է տալիս, որ հրաբխային ապարատների մագնիսական դաշտը սլայմանավորված է ոչ միայն կոները կազմող ապարների ազդեցությամբ, այլև նրանց տակ խոր տեղադրված, մագնիսական տեսակետից ակտիվ մարմինների առկայությամբ:

Հարյուր մետր բարձրությունից Գեղամի հրաբխային շրջանում դիտվում են բազմաթիվ լոկալ մագնիսական անոմալիաներ, որոնցից շատերը տարածականորեն համապատասխանում են հրաբխային կոներին: Ենթադրվում է, որ դիտվող լոկալ անոմալիաները հիմնականում պայմանավորված են հրաբխային կոների տակ տեղադրված սուբհրաբխային մարմինների առկայությամբ:

Ստացված արդյունքներն առավելապես համապատասխանում են Գեղամի արեալ հրաբխականության տեսակետին:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аюлян Ц. Г. Магнитное поле и палеомагнетизм кайнозойских эффузивных пород Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1963.
2. Геология Армянской ССР, т. 10, Геофизика, Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1972.
3. Карапетян К. И., Адамян А. А. Новейший вулканизм некоторых районов Армянской ССР, Ереван, 1973.
4. Миков Д. С. Методы интерпретации магнитных аномалий. Изд. Томского университета, Томск, 1962.
5. Программы для решения геофизических задач на ЦВМ. ПК ОП ВСЕГЕИ, Ленинград, 1970.
6. Скежко А. А. Типовая программа для ЦВМ «Минск-2», «Рельеф-1». ПК ОП ВСЕГЕИ, Ленинград, 1968.
7. Успенский Д. Г. Гравиразведка. «Недра», Л., 1968.
8. Харазян Э. Х. Дслеритовые базальты Севанского бассейна и некоторые вопросы новейшего вулканизма Гегамского нагорья. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 2, 1975.