УДК 550.361 (479.25)

К. Г. ШИРИНЯН

ВОЗМОЖНЫЕ ПЕТРОГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ НОВЕЙШЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА АРМЯНСКОЙ ССР И НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИХ ПОИСКОВ И ИЗУЧЕНИЯ

На основании анализа вулканических событий верхнеплиоцен-голоценового времени и других благоприятных геологических факторов высказывается предложение о наличии в недрах Армянской ССР достаточно больших тепловых запасов. Периферические (промежуточные) магматические очаги, расположенные на глубинах до 2—5 км, считаются потенциальными источниками петрогеотермических ресурсов. Наиболее перспективными являются очаги вулканов зоны Транскавказского меридионального поднятия, где процессы теплопереноса достигли наибольших значений. Для обнаружения горячих очагов выдвигается необходимость комплексных геофизических исследований, причем наиболее обещающими считаются сейсмодосветивание и электрическое зондирование корней вулканов.

Геотермические исследования и использование тепловой энергии недр за последнее время выдвинулись в одну из важнейших проблем.

Общезвестно, что источником геотермальной энергии являются высокотемпературная вода и пар гидротермальных систем, а также ограниченные в пространстве объемы горных пород, нагретых до высоких температур.

Основой современной геотермальной энергии являются бассейны природных термальных вод, но будущее развитие геотермальной энергетики в значительной степени будет связано с освоением петрогеотермических ресурсов — тепла «сухих» горных пород, путем создания искусственных геотехнологических циркуляционных систем.

Наиболее перспективными источниками петрогеотермических ресурсов считаются периферические (промежуточные) вулканические очаги. Имея самые разнообразные формы и размеры, они представляют естественные резервуары аккумулярованного тепла с громадным энергетическим потенциалом.

Расчеты по магматическому очагу Авачинского вулкана показали, что при охлаждении всего на 100° выделяется энергия, эквивалентная $2.6 \cdot 10^9$ тонны условного топлива. Время полного остывания вещества магматической камеры Авачинского вулкана оценивается в несколько десятков тысяч лет [23]

По данным комиссии по атомной энергии США, охлаждение 1 км^3 горной породы с 350° до 177°C дает такое же количество энергии, что и сжигание 9 миллионов тонн нефти.

Представления о тепловом состоянии земных недр складываются

из определенных тепловых потоков. Общеизвестно, что величина и особенности распределения тепловых потоков зависят от тектонического состояния литосферы. Высокие тепловые потоки приурочены к молодым складчатым областям, насыщенным вертикальными движениями отдельных блоков земной коры, с разрывными нарушениями и с другими типами тектонической активности. Высокие значения тепловых потоков характерны и для областей современного и молодого вулканизма.

Геологические, тектоно-магматические и гидрогеологические факторы территории Армянской ССР дают основание предполагать, что недра ее могут быть рассмотрены как потенциальные источники огромных энергетических ресурсов [5]. Об этом свидетельствуют многочисленные выходы термальных вод, стабильные температуры в 90—100° на глубинах 3000—3500 м, высокая сейсмостектоническая активность и интенсивное проявление молодого (верхнеплиоцен-голоценового) вулканизма на значительной части территории республики.

Одним из благоприятных факторов сохранности горячих, а возможно и полужидких магматических очагов следует считать недавнее геологическое прошлое многих вулканических проявлений, о чем свидетельствует ряд неоспоримых факторов. Из них несомненный интерес представляют многочисленные находки А. Т. Аслаяна остатков «культуры» первобытного человека под молодыми лавами и, в частности, недавно обнаруженный под лавовым потоком ущелья р. Раздан (в окрестностях г. Еревана) череп «раннего человека разумного» [4].

В пределах Армянского нагорья известны извержения, имевшие место и в историческое время. Так, например, последнее извержение вулкана Немрут (западнее оз. Ван) датируется 1441 г. Г. Абих [1] в своей книге «Геология Армянского нагорья (западная часть)», изданной в 1889 г., описал вулкан Тондурек как «...действующий еще и ныне вулканический сольфатаро». Сольфатарная активность Тондурека, очевидно, продолжается и в настоящее время [10].

На территории Советской Армении на сегодня выявлены 650 вулканов центрального типа. Исключительно хорошая сохранность всех вулканов при большой плотности их расположения свидетельствует о высокой степени разогрева литосферы в недавнем геологическом прошлом. Все это указывает на большую вероятность наличия в недрах Армении магматических очагов с достаточно высокими тепловыми запасами.

С точки зрения освоения тепла вулканических очагов весьма положительным фактором является неглубокое (порядка первых трех км) залегание периферических очагов, о чем указывали Ф. Ю. Левинсон-Лессинг [15], А. П. Заварицкий [11], К. Г. Ширинян [27], К. И. Карапетян [12, 13].

К. И. Карапетян [12] на основании изучения ксенолитов и других данных предполагает, что очаги вулканической активности Гегамской и Айоцзорской областей залегают на глубине не более 3 км.

М. С. Бадалян [6] указывает, что на высоких уровнях аэромагнитной съемки (при высоте 4000 и 9000 м) на глубинах 2—5 км обнаруживаются тела, представляющие собой вторичные вулканические очаги новейших вулканических проявлений.

Несмотря на перечисленные благоприятные геологические факторы, поиски и обнаружение конкретных малоглубинных магматических камер (периферических очагов молодых вулканов), пригодных для практического использования, связаны с определенными трудностями, на которых мы остановимся ниже.

В Армянской ССР, по имеющимся данным [20], величина теплового потока колеблется от 0,9 до 2,6 $\text{мкал/см}^2 \cdot \text{сек}$. Обычно высокие плотности тепловых потоков хорошо коррелируются с количественными параметрами вулканической активности. Однако истолкование тепловых аномалий только с позиций вулканизма было бы ошибочным.

В. В. Белоусов [8], указывая на тесную взаимосвязь между динамикой земной коры и тепловым состоянием ее недр, считает, что взаимное влияние тепловых и геодинамических явлений в разных классах эндогенных режимов выражается неодинаково и зависит от запасов тепловой энергии, степени дифференциации и проницаемости литосферы. Территория Армении в этом отношении не является исключением. Более того, структурная гетерогенность относительно обособленных вулканических областей обуславливает контрастность и мозаичность тектонических и магматических проявлений как в эндогенном, так и в экзогенном их проявлениях, даже в пределах небольших сегментов (блоков) литосферы.

Позднеорогенный тектонический этап охватывает области, прошедшие различные геологические и структурные режимы развития. В силу этого геодинамические явления и связанные с ними вулканические проявления в разных областях Армении приобрели свои специфические особенности.

Е. А. Любимова [16] находит, что значительное повышение теплового потока в активных районах создается при нарушении условий кондуктивного теплопереноса и выноса большого количества тепла тепло-массопереносом совместно с продуктами плавления и дифференциации магмы.

Анализируя вулканические события Армянской ССР с точки зрения вышензложенных обстоятельств, следует говорить о связи вулканических событий с двумя специфичными тектоно-магматическими зонами—с Транскавказским поперечным поднятием и Анкавано-Сюникской разломной зоной.

Транскавказская зона поперечного поднятия [19] совпадает с выделенной впервые Г. Абигом [11] полосой меридионального поднятия, которая, по его представлениям, прослеживается от Месопотамской низменности через Арарат—Арагац—Карагач, Абул, Годороби в Самсар. По новым представлениям [19], эта зона продолжается дальше через Казбек и Эльбрус до Ставропольского щита. Наибольших значений

процессы тепломассопереноса достигли именно в зоне Транскавказского ареала вулканизма. Такой вывод подтверждается прежде всего длительностью существования расположенных в этой зоне крупных вулканов (Арагат, Арагац, Аранлер, Абул, Самсар, Казбек, Эльбрус), аналоги которых почти не известны в Анкавано-Сюникской разломной зоне. Продолжительность активности крупных вулканов достигает в этой зоне $2 \cdot 10^6$ лет (вулкан Арагац), что свидетельствует об огромной тепловой инерции процессов выплавления первичных магм в астеносферном слое.

В Транскавказской зоне преобладающим распространением пользуются кислые вулканиты (андезито-дациты и дациты), каковые в Анкаван-Сюникской области почти полностью отсутствуют.

Образование кислых вулканитов Транскавказской зоны мы рассматриваем как геологическое следствие контаминации первичной основной магмы, путем плавления осадочно-метаморфического—гранитного слоя земной коры. Такой вывод основывается на данных всесторонних петрогеохимических исследований [21].

Возможность такого плавления и смешения магм сегодня доказывается убедительными теоретическими расчетами [17, 24]. Так, например, Масуренков Ю. П. и Горицкий Ю. А. [17] показали, что объем гранитной магмы вокруг канала базальтового вулкана уже через 10^4 лет становится сравнимым с объемом в канале до глубины 40 км (31 км^3).

Объем кислых вулканитов только в Арагацкой области Транскавказского ареала составляет 350 км^3 , причем извержение указанного объема вулканитов происходило не только из кальдеры главного вулкана—Арагаца, но и из целого ряда относительно самостоятельных латеральных центров, удаленных от канала кальдеры на расстоянии более чем 30 км. Это говорит о том, что на пути прохождения основных магм, за долгое время существования вулкана Арагац, за счет плавления окружающих кислых кристаллических и осадочных пород образовался огромный по объему промежуточный очаг кислой магмы. Поскольку остывание значительных объемов магмы такой же длительный процесс, как и плавление твердых пород коры, мы имеем все основания ожидать в недрах области г. Арагац еще достаточно высокие энергетические запасы.

Аналогичные условия магматической эволюции имели место и в Ахалкалакской вулканической области Транскавказского поперечного поднятия, но с относительно слабым развитием кислого вулканизма.

Геодинамические условия проявления новейшего вулканизма в зоне Анкавано-Сюникского глубинного разлома были иными—менее благоприятными с точки зрения аккумуляции тепла в близповерхностных зонах. В Гегамской, Варденисской и Кафанской вулканических областях этой зоны полигенные вулканы вообще не известны. Полигенные вулканы Ишханасар, а частично и Цхук в Сюникской вулканической области, по продолжительности активности уступают вулканам Транскавказского ареала, и поэтому эволюция вулканических продуктов завершает-

ся здесь на стадии становления андезито-базальтов и частично андезитов, не считая весьма мизерные объемы дацитов, известные на вулкане Ишханасар [26].

Здесь уместно цитировать вполне правильный вывод Ю. П. Мазуренкова и Ю. А. Горницкого [17]: «Чем быстрее формируется вулкан, тем больше у него шансов сохранить первичный базальтовый состав. Вяло и длительно развивающиеся вулканы на гранитной коре должны иметь смешанный состав». Талых вулканов в Анкаван-Сюникской зоне нет.

Мощность гранитного слоя коры как в Транскавказской, так и в Анкаван-Сюникской зонах примерно одинакова и поэтому специфику феноменологических и петрологических особенностей вулканизма можно объяснить лишь с позиции геодинамических условий тепломассопереноса и их продолжительности.

В ареале Транскавказского поперечного поднятия в начальной-верхнеплиоценовой стадии вулканизма имели место линейные излияния базальтов по глубинным врезам, т. е. по глубинным разломам без горизонтальных смещений [9]. В дальнейшем ввиду большой тепловой инерции земная кора приобретает высокую пластичность, что затрудняет образование глубинных сколов, а вместе с тем и «экспрессный» подъем магматических расплавов в верхние горизонты коры. «Вялый», но продолжительный тепломассоперенос обуславливает разогрев и плавление кристаллических и осадочных пород коры, что и приводит к образованию огромных объемов смешанных (магматико-коровых) кислых магм.

В Анкавано-Сюникской области картина совершенно иная. Наблюдаемое здесь линейное расположение вулканов с начала до полного завершения вулканического цикла (что особенно отчетливо выражено на Гегамском нагорье) подчеркивает их постоянную связь с одними и теми же глубинными разломами, которые хотя и не были сквозными [13, 15, 27], но служили каналами, по которым магматические расплавы легко и быстро доставлялись до глубин формирования периферических очагов (как было указано выше, порядка 2—5 км до поверхности Земли). Ограниченность процессов магматической эволюции (до состава андезито-базальт-андезит), моногенность вулканов свидетельствуют о быстротечности отдельных вулканических циклов, следовательно, и ограниченности масштабов тепломассопереноса и их частой прерываемости.

Вышеизложенное дает основание считать, что по возможным потенциальным запасам остаточных энергетических ресурсов Анкаван-Сюникская зона, хотя и представляет интерес, но не может сравниться с более перспективной областью Транскавказского ареала.

К сожалению, тепловое поле Транскавказской области изучено очень слабо, но даже на основании единичных измерений, оно характеризуется как зона с повышенным (в два и более раза) тепловым потоком [22].

Бадалян М. С., Оганесян Ш. С., Пирузян С. А. [6, 7] выдвигают концепцию о пониженном значении геотермального поля Транскавказского ареала по сравнению с Анкаван-Сюникской зоной. Такое предположение основано якобы на существующей «...тенденции соответствия больших нерегулярных градиентов магнитных аномалий высоким величинам теплового потока и слабым магнитных аномалий — низким ее величинам».

Возражением такому выводу может служить авторитетное мнение Е. А. Любимовой [16], которая считает, что «наибольшая дифференциация аномального магнитного поля создается за счет первоначальной намагниченности приповерхностных пород и таким образом не связана с распределением температур в земной коре».

Видимо, все же можно говорить о связи больших градиентов магнитных аномалий с высокими значениями тепловых потоков, но только для Анкавано-Сюникской зоны, где теплоотдача исходит из первоначально высоконамагниченных пород базальт-андезито-базальтового и частично андезитового состава, слагающих периферические очаги этой области.

В Транскавказской области преобладающим распространением пользуются кислые — андезито-дацит — дацитовые вулканы и их очаги. Следовательно, здесь, даже при экстраординарных значениях тепловых потоков, ожидать повышенные значения магнитных аномалий нет никаких оснований. Скорее всего здесь следует ожидать обратную картину, т. е. связь повышенных значений тепловых потоков с интенсивными отрицательными аномалиями. И не является случайностью, что в пределах Транскавказского ареала наблюдаются высокие отрицательные аномалии (интенсивностью до 500 гамма), одна из которых совпадает с массивом вулкана Арагац.

В пределах Армянского вулканического нагорья вулканические извержения протекали в сложной и изменчивой в пространстве геологической обстановке. Поэтому истолкование аномалий тепловых потоков требует знаний латеральных закономерностей их распределения в связи с особенностями геологического и тектонического строения данной области, теплопроводностью пород, геодинамическими особенностями вулканических процессов и другими не менее важными обстоятельствами, как вариации, связанные с изменением рельефа, влияние искажающих факторов в приповерхностной зоне и др.

В областях ареального вулканизма, каковой является и территория Армении, высокое значение тепловых потоков является суммарной площадной характеристикой, но не объемной. Это значит, что высокие значения тепловых аномалий сами по себе не могут быть использованы в целях прямых интерпретаций с периферическими магматическими очагами.

И. И. Абрамович и И. Г. Клушин [2] выявили, что в вулканических ареалах разогрев вещества земной коры однороден во всей толще, здесь слабо влияет латеральная неоднородность прогрева, связанная с нали-

чем обособленных магматических очагов. Если это так, в чем мы несомневаемся, то при большой плотности расположения разноглубинных вулканических очагов в Армении, при более чем 10^5 — 10^6 лет общей продолжительности вулканической активности вряд ли возможно говорить о аномально высоких тепловых потоках на локальных площадях в связи с влиянием какого то одного или группы высоконагретых магматических очагов.

Таким образом, по высоким значениям тепловых потоков мы можем скорее всего судить об общих особенностях распределения тепловых аномалий в данном районе и выделить общие продуктивные структуры.

Задача выявления конкретных периферических магматических очагов скорее всего может быть решена на основе комплексных геофизических исследований. Предпосылкой выявления периферических магматических очагов при применении дистанционных методов исследований могут служить различия физических свойств (плотностных, тепловых) очага и вмещающей среды. Геофизические поля достаточно хорошо отражают колебания физических параметров горных пород. Но эти параметры меняются в зависимости от характера залегания пород, от литолого-петрографических и минералогических особенностей, от термодинамических условий, что создает сложное взаимоотношение между тепловыми и другими физическими аномалиями и, конечно, затрудняет задачу интерпретации имеющихся данных.

Тем не менее известные связи тепловых аномалий с аномалиями гравитационного и магнитного полей, со скоростями прохождения сейсмических волн, связь высокой электропроводности с высокими температурами и началом частичного плавления [17] дают основание считать, что применение комплексных геофизических методов может привести к желаемым положительным результатам. Особенно эффективными могут быть сейсмические и геоэлектрические исследования.

Предпосылкой изучения магматических камер сейсмическим просвечиванием служат теоретические оценки и экспериментальные исследования скоростей затухания сейсмических волн вблизи прогретых зон и частично в расплавленных средах.

Температурный фактор сильно влияет и на изменение электропроводности пород. Как показали экспериментальные исследования Н. И. Хитарова и др. [25], при повышении температуры электрическое сопротивление уменьшается, а электропроводность возрастает на несколько порядков. Особенно интенсивно растет электропроводность при температурах выше 800°C и резкий скачок электропроводности наблюдается при переходе пород от твердого состояния к жидкому.

Для разграничения высокопрогретых зон земной коры (периферических очагов) особенно многообещающим может быть магнитотеллурическое зондирование. Первые, пока что разрозненные, результаты магнитотеллурического зондирования территории нашей республики

указывают на перспективность применения этого метода в целях геотермии.

В пределах вулканических нагорий опытно-методические работы целесообразно ставить в районах расположения обособленных в пространстве крупных вулканов или сосредоточения группы вулканов, активность которых была связана с одним общим очагом. В таком случае интерпретация выявленных аномалий значительно упростится, т. к. будет исключено взаимное перекрывание тепловых аномалий, исходящих из различных магматических тел.

С точки зрения практического использования глубинного тепла следует однако учесть, что плотное расположение вулканических очагов может обусловить высокий разогрев коры и ее довольно высокий энергетический потенциал, достаточный для создания искусственных циркуляционных систем.

Важную информацию относительно местоположения магматических очагов можно получить в результате расшифровки аэрокосмических снимков. При расшифровке аэрокосмических снимков хорошо выделяются круговые депрессии, представляющие деформации верхних слоев земной коры, вызванные опорожнением промежуточных магматических очагов [3]. Это тем более важно, если учесть то обстоятельство, что очень часто вулканические аппараты располагаются не по центру круговых депрессий, а по их периферии [3].

Рассматривая вулканические очаги как потенциальные источники петрогеотермических ресурсов, мы не связываем особых надежд с очагами проявления липаритовой магмы. Липаритовый вулканизм, как самостоятельное магматическое явление, одинаково известен как в Транскавказском, так и в Анкавано-Сюникском ареалах. Липаритовая магма образовалась в коре *in situ* в результате частичного местного плавления гранитно-метаморфического слоя земной коры [14]. Характерна пространственная разобщенность очагов и их небольшие объемы, что нельзя объяснить региональным и более или менее продолжительным прогревом коры. Если ко всему этому добавить и начальные низкие температуры (порядка 650°), достаточные для образования гранитных расплавов, то вряд ли можно сомневаться в правильности наших убеждений.

Видимо, нельзя связывать особые надежды с вулканами, которые несмотря на внушительные размеры завершили свою активность уже в верхнем плиоцене (вулкан Араилер). Неперспективными, очевидно, следует считать очаги многих моногенных вулканов, активность которых завершена в нижнечетвертичное время (вулканы Октембарянского, Кармрашенского, Анийского плато и др.).

В новейшем вулканизме Армении определенное место принадлежит линейным трещинным излияниям, механизм которых до конца не выяснен. Более определенные взгляды сложились на сегодня относительно формирования огромных покровов долеритовых базальтов, достигших 300 м мощности. Удивительная их однородность и большие объемы

свидетельствуют, очевидно, о быстром вертикальном подъеме, отсутствии дифференциации. По общему мнению исследователей, излияние указанных лав происходило из мантии по глубинным врезам. Следовательно, излияния базальтовых магм не сопровождались образованием промежуточных очагов. Но районы распространения долеритовых базальтов возможно все же могут представить интерес, исходя из представлений, что структуры, контролирующие излияния мантийных базальтов, являются северным продолжением Африкано-Аравийской рифтовой системы [18]. Известно, что молодые рифтовые структуры характеризуются повышенными значениями тепловых потоков, что связано с наличием под ними расплавленного слоя. В связи с этим в рифтовых структурах возможен высокий разопрев верхних слоев коры, обусловленный постоянным кондуктивным теплопереносом. К сожалению, мы не располагаем данными по состоянию теплового поля структур, контролировавших излияния мантийных базальтов в Армении. Вопрос этот нуждается в специальном изучении.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 20.11.1980.

Կ. Գ. ՇԻՐԻՆՅԱՆ

**ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ՆՈՐԱԳՈՒՅՆ ՀՐԱԲԵԱՅԻՆ ԳՈՏՈՒ ՀՆԱՐԱՎՈՐ
ՊԵՏՐՈԳԵՆՈԹԵՐՄԱԿ ԽԵՍՈՒՐԱՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ
ՈՒ ՈՐՈՆՄԱՆ ՈՐՈՇ ՊՐՈԲԼԵՄՆԵՐԸ**

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ.

Ելնելով Հայկական ՍՍՀ նորագույն ժամանակաշրջանի (վերին պլիոցեն-հոլոցենյան) ժամանակաշրջանի հրաբխականության օրինաչափություններից համոզմունք է հայտնվում հանրապետության տարածքի ընդերքում ներունակ ջերմային էներգիայի զգալի պաշարների առկայության մասին կապված փոքր խորությունների վրա գտնվող (2—5 կմ) և դեռ վերջնականապես շահած ծայրամասային (միջանկյալ) հրաբխային օջախների հետ:

Հրաբխային գործունեության հետ կապված ջերմային պաշարների պահպանվածության տեսակետից առավել հեռանկարային մարզ է համարվում Տրանսկոպկասյան լայնակի բարձրացման հետ կապված հրաբխային գոտին, բանի որ նշված շրջանում ջերմազանգվածային տեղաշարժերը (թիկնոցից դեպի հրկրակեղևի վերին հորիզոնները) անհամեմատ ավելի մեծ զարգացում են ունեցել:

Հրաբխային օջախների հայտնաբերման և նրանց ջերմային վիճակի ուսումնասիրման խնդրում առաջ է քաշվում հրկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների անհրաժեշտության հարցը: Առավել խոստումնալից են համարվում հրաբուխների սեյսմահետախուզական և էլեկտրահետախուզական դիտարկումները:

THE POSSIBLE PETROGEO THERMIC RESOURCES OF THE ARMENIAN SSR NEWEST VOLCANIC BELT AND SOME PROBLEMS OF THEIR SEARCH AND STUDY

Abstract

On the basis of Upper Pliocene-Holocene volcanic events and other favourable geological factors analysis an assumption is expressed on the presence of the sufficient amount of thermal reserves in the Armenian SSR entrails. The peripheral (intermediate) magmatic chambers located at the depth of 2–5 km are considered as potential sources of petrogeothermic resources. The chambers of Transcaucasian meridional zone volcanoes where the heat and mass migration had the maximal values are considered the most perspective. A complex of geophysical investigations is considered to be necessary for discovering hot chambers, especially the seismic translucency and electrical sounding of volcano roots.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абиx Г.—Геология Армянского нагорья. Западная часть. Орографическое и геологическое описание. Зап. Кавк. отд. географ. общ., кн. XXI, 1899.
2. Абрамович И. И., Клушин И. Г. Вариации состава раннегеосинклинальных гранитондных комплексов и особенности глубинного строения земной коры. Сов. геол., № 9, 1974.
3. Аракелян Р. А., Ширинян К. Г. Некоторые сравнительные характеристики вулканизма Земли и Луны по данным космических снимков. В кн: «Проблемы планетологии», том 2, Ленинград—Ереван, 1977.
4. Асланян А. Т., Момот Б. П., Саядян Ю. В. О находке фрагментов черепа ископаемого человека в Ереване. Известия АН АрмССР, Науки о Земле, том XXX, № 4–5, 1977.
5. Асланян А. Т. Некоторые вопросы изучения и использования подземного тепла в Армянской ССР. Известия АН АрмССР, Науки о Земле, том XXXII, № 5, 1979.
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, том XXIX, № 2, 1976.
7. Бадалян М. С., Оганисян Ш. С., Пирузян С. А. О некоторых соотношениях между геофизическими полями и новейшим вулканизмом Армянской ССР. Известия АН АрмССР, Науки о Земле, том XXXI, № 1, 1978.
8. Белоусов В. В. Об эндогенных режимах материков. Геотектоника, № 3, 1974.
9. Белоусов В. В. Основы геотектоники. «Недра», М., 1975.
10. Гущенко И. И. Извержения вулканов мира (каталог). «Наука», М., 1979.
11. Заваицкий А. И. Некоторые черты новейшего вулканизма Армении. Известия АН АрмССР, сер. геол., № 1, 1945.
12. Карапетян К. И. Петрохимические особенности четвертичного вулканизма Гегамского нагорья и Апоцдзора (Армения). Сб. «Петрохимические особенности молодого вулканизма». Изд. АН СССР, М., 1963.
13. Кирипетян К. И. Вулканы Гегамского нагорья. В кн: «Новейший вулканизм некоторых районов Армянской ССР». Изд. АН АрмССР, 1973.

14. *Карапетян С. Г.* Особенности строения и состава новейших липаритовых вулканов Армянской ССР. Изд. АН Арм.ССР, 1972.
15. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Армянское вулканическое нагорье, «Природа», № 5, 1928.
16. *Любимова Е. А.* Тепловые потоки из коры и мантии континентов. В кн: «Тектоносфера Земли», «Наука», М., 1978.
17. *Мисиренков Ю. П., Горицкий Ю. А.* Разогрев и плавление среды вокруг вулканического канала. Бюлл. вулканолог. станции. № 55, 1978.
18. *Милиновский Е. Е., Хаян В. Е.* Геологическое строение Кавказа Изд. МГУ, 1962.
19. *Милановский Е. Е.* Рифтовые зоны континентов. «Недра», М., 1976.
20. *Мириджанян Р. Т.* О природе аномального повышенного геотермального поля Центрального района Армянской ССР. Известия АН Арм.ССР, Науки о Земле, № 6, 1974.
21. *Моляко В. Г., Остафийчук И. М., Харазян Э. Х., Ширинян К. Г.* Петрогеохимические особенности вулканитов андезито-дацитовой парагенетической ассоциации Транскавказской зоны Армении. Записки Арм. Отд. ВМО, вып. 8, 1976.
22. *Смирнов Я. Б.* Связь теплового потока со строением и развитием земной коры и верхней мантии. «Геотектоника», № 6, 1968.
23. *Федотов С. А., Балести С. Т., Дроздин В. А. и др.* О возможности использования тепла магматического очага Аванчинского вулкана. Бюлл. вулк. станции, № 53, 1977.
24. *Федотов С. А., Горицкий Ю. А.* Тепловой расчет цилиндрических питающих каналов и расход магмы для вулканов центрального типа. «Вулканология и сейсмология», № 6, 1979.
25. *Хитаров Н. И., Слуцкий А. Б., Ревин Н. И.* Изменение электропроводности базальтов при плавлении в условиях высоких давлений. В кн: Физические свойства горных пород при высоких термодинамических параметрах. Киев, «Наукова думка», 1971.
26. *Ширинян К. Г.* Гиадокластиты и условия их образования в Армении. «Труды Лаборатории палеовулканологии», вып. 2, Алма-Ата, 1963.
27. *Ширинян К. Г., Абжимамудов Э. Б.* Тектонические условия новейших вулканических проявлений, Армении (по данным геофизических исследований). В кн: Вулканизм и глубинное строение Земли, «Наука», М., 1966.
28. *Ширинян К. Г., Толстой М. И., Остафийчук И. М. и др.* Состав и физические свойства новейших вулканических образований Армении. Изд. АН Арм. ССР, 1980.