



Г. Г. ОГАНЕЗОВ

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ  
АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ



I



ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԳԵՄԻԱ  
ԳԵՈՂՈԳԻԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Գ. Գ. ՕԳԱՆԵՉՈՎ

ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ ԳՈԳԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ  
ՄՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ԶՐԵՐԸ

ՀԱՏՈՐ ԱՌԱՋԻՆ

Էներգետիկ գործոնները Արարատյան գոգավորության  
սեկսոնիկայում

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Г. Г. ОГАНЕЗОВ

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ  
АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

ТОМ I

Энергетические факторы в тектонике  
Араратской котловины

1748  
13486  
84111

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
ЕРЕВАН

1957



Новыми темами в настоящем труде являются: объяснение тектонических явлений законами механики, явление вулканической депрессии, закон вулканического последействия, направления и скорости движения подкоровых магматических масс, принципиальная схема зарождения вулканов, бисвулканы, определение путей движения подземных потоков при помощи бисвулканов. Энергетический метод определения возраста изверженных пород и др.

Книга предназначена для научных работников, геологов, гидрогеологов, инженеров-строителей и студентов технических вузов.

---

## ОТ РЕДАКЦИИ

Предлагаемая монография проф. Г. Г. Оганезова «Подземные воды Араратской котловины». Том I. «Энергетические факторы в тектонике Араратской котловины» имеет назначение выявить скрытые покровами лав и элювиально-делювиальными отложениями тектонические нарушения в массиве г. Арагац, собирающие с контактов отдельных эффузий инфильтрировавшиеся атмосферные осадки и направляющие их на дневную поверхность.

В соответствии с поставленной задачей этот том посвящен вопросу происхождения Араратской котловины и затрагивает в той или иной мере почти все основные вопросы геотектоники-орогенеза, эпейрогенеза, геоморфологии, эффузивного и интрузивного вулканизма, соляной тектоники и др.

Как известно, эти вопросы общей геотектоники не получили пока удовлетворительного разрешения и продолжают широко дебатироваться в геологической и геофизической литературе. С этой точки зрения большой интерес представляет предлагаемый труд проф. Г. Г. Оганезова, содержащий ряд весьма оригинальных и интересных в научном отношении геомеханических построений.

В своем анализе местных деформаций земной коры автор рассматривает последнюю, как жесткую плиту неограниченных размеров, покоящуюся на сплошном упругом (магматическом) основании, а также как сферическую оболочку.

Возникновение прогибов типа Араратской котловины автор связывает с вулканической деятельностью, в результате которой давление под земной корой падает и последняя волнообразно прогибается под собственным весом и отчасти под влиянием нагрузки излившихся вулканических продуктов.

Учитывая влияние на образовавшуюся депрессию деятельности вулканов Арагац, Б. Арарат, а также Аралер и вулканов Гегамского хребта, автор ставит себе задачу с единой точки зрения дать объяснение происхождению современной речной сети, трещин и сбросов, паразитических вулканов, экструзивных конусов, озерных водоемов, соляных куполов, а также объяснить последовательность деятельности вулканов и изменение петрографического состава лав.

Следует отметить, что многие из затронутых вопросов до сего времени зачастую не могли быть контролируемы непосредственными наблюдениями, и мнения геологов по ним нередко расходятся.

В этом случае выводы автора, конечно, представляют большой интерес и во многом являются убедительными. В частности, под углом зрения вулканической депрессии достаточно хорошо обосновываются происхождение Араратской, Ахурянской и Зангинской озерных котловин, размещение паразитических центров извержений, экструзивных конусов, трещинных зон в массиве Арагаца, изменения профилей рек и др., причем природа самих массивов гг. Арагац, Аралер, и Б. Арарат как вулканических сооружений верхнетретичного возраста выясняется автором совершенно правильно. Последние находки верхнемиоценовой (меотис-понт) фауны под лавами Арагаца, — в отложениях Кохбской мульды, полностью подтверждают этот вывод автора.

Из более общих установок автора для геологии большой интерес представляют, в частности, установки о ничтожной устойчивости земной коры, большом значении явлений кручения и возникновения тектонических структур и др.

По содержанию труда отметим следующее:

1. По автору на минералогический и петрографический состав лав паразитических вулканов, экструзий и малых интрузий, располагающихся вокруг основного вулкана влияет их отдаление от основного вулкана и сами они зарождаются на энергии опускания земной коры в период вулканической депрессии.

Со своей стороны мы считаем, что опускание субстрата вулканического сооружения в более глубокие области должно сопровождаться переплавлением кислых пород и превращением их в магматический расплав, что в условиях наличия энергии

опускания, может возобновить деятельность и самого центрального вулкана.

2. Автор считает, что в тех местах, где имеется слабая земная кора, на пути движения магмы появляются молодые интрузии, которые, предшествуя вулканам, восстанавливают прочность земной коры.

В связи с этим, следуя по пути движения магмы, мы встречаем сначала молодые интрузии и затем лишь вулканическую область.

В геологии укоренилось мнение, что эффузивный вулканизм, связанный с эпейрогеническим движением, нарушает равновесие земной коры, а интрузивный, связанный с орогеническими явлениями — восстанавливает равновесие. Этому принципу вполне способствует схема автора. Однако, нам представляется, что указанные автором обстоятельства подлежат дальнейшей проверке.

Большим достоинством предлагаемой работы проф. Г. Г. Оганезова является конкретность проводимого им тектонического анализа с привлечением и успешным применением законов технической механики.

Эта работа особенно большой интерес представляет для геологов, которые в ней могут найти объяснение многих интересующих их случаев деформаций земной коры под углом зрения принципов механики.

Можно надеяться, что интересный труд Г. Г. Оганезова явится стимулом для дальнейших, более деятельных исследований тектонического строения Армении.

РЕДАКТОР

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Комплексное изучение подземных вод Араратской котловины, проводимое Институтом геологических наук АН Армянской ССР, преследует цель использовать указанные воды для целей ирригации и энергетики в больших размерах. В настоящем эти воды частью выходят в виде крупных родников, частью проходят под Араратской низиной, заболачивая значительные территории.

Использование подземных вод по потребному графику намечается не только за счет той части, которая в настоящем течет подземным потоком под долиной, но и за счет запасов подземных вод, скопляющихся в трещинах лав в пределах годового их стока.

Эти стремления не могли быть осуществлены без освещения тектоники Араратской котловины. Были поставлены задачи: изучение возможных путей движения подземных вод, распределение лав по степени трещиноватости, определения запасов подземных вод.

Данные прежних изучений тектоники Араратской котловины не в достаточной мере давали ответы на поставленные вопросы.

Было принято решение, — исследования провести не в узких рамках поставленных задач, а с той полнотой, при которой отдельные, нужные практические задачи вытекают как части общего.

Основное содержание настоящего тома заключается в объяснении тектонических явлений законами механики, подведение энергетической базы под геологические факторы.

Новыми в предлагаемом труде считаем: явление вулкани-

ческой депрессии и принципиальная схема зарождения вулканов.

Вопросы, относящиеся к принципиальной схеме зарождения вулканов в современной геологической литературе недостаточно разработаны, вопросы же вулканической депрессии разрабатываются здесь впервые.

Разбирая явления вулканизма и вулканической депрессии, мы стремились раскрыть цепь развивающихся явлений, раскрыть их взаимную органическую связь, показать фазы зарождения, развития процесса и его угасания.

Охватывая историю геологии Республики в ее вулканической части, мы стремились осветить все этапы этой истории, начиная со времени возникновения вулканов.

Как известно, геологией Араратской котловины занимались многие геологи и организации, нередко они высказывали резко различные взгляды на геологию и, в особенности, на тектонику этого района.

Представляется, что тот подход, который приведен в этой работе, именно, разрешение вопросов тектоники на общей, охватывающей как единое начало энергетической базе, даст возможность лучше разобраться в каждом частном вопросе, являющемся в той или иной мере спорным.

Придерживаясь энергетических основ, удастся разрешать такие вопросы, которые не затрагивались прежними исследователями, именно вопросы о запасах подземных вод г. Арагац (Алагез), о распределении радиальных и поясных каньонов, о характере дислокаций лавового массива Арагац, а также такие вопросы, как характеристика подкоровой магмы, динамика в направлениях движения магматических масс, появление во времени и пространстве отдельных паразитических вулканов, минералогическая и структурная закономерности их лав и пр.

Все эти вопросы имеют большое научное и практическое значение. Круг вопросов, могущих получить свое разрешение на энергетической основе, в дальнейшем, несомненно, будет значительно расширен.

Возможно, некоторые наши геологи владеют данными, противоречащими как данным других геологов, так и выводам, приведенным в этом труде.

При наличии такого противоречия будет необходим кри-

тический пересмотр имеющихся геологических данных или в отдельных случаях того освещения, которое здесь дано.

Ввиду новизны подхода, возможно, что нам не совсем удалось полностью углубиться в затронутые вопросы, тем более что южная половина Араратской котловины могла быть охвачена частично, так как часть ее расположена по другую сторону государственной границы.

Автор признателен коллективу Института геологических наук Академии наук Армянской ССР и директору института доктору геолого-минералогических наук С. С. Мкртчяну за помощь, оказанную в деле организации и проведения исследовательских работ по теме.

Автор выражает благодарность действительному члену Академии наук Армянской ССР К. Н. Паффенгольцу за ценные замечания по разным разделам настоящего труда, хотя, как известно, он придерживается резко отличного взгляда на массив Арагаца.

Автор признателен рецензентам: члену-корреспонденту Академии наук Армянской ССР, доктору геолого-минералогических наук Л. А. Варданянцу, кандидату геолого-минералогических наук А. Т. Асланяну и доктору технических наук Т. Т. Хачатуряну за внимательный просмотр труда и замечания.

## ГЛАВА I

### ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ДЕПРЕССИЯ

Аrarатская котловина в пределах Армянской ССР покрыта многочисленными вулканами. Последние являются лишь внешним проявлением тех могучих магматических сил, которые в давние геологические периоды действовали в глубоких слоях под земной корой.

Нашей целью является выяснить условия, при которых образуется энергия вулканизма, и осветить изменения в земной коре в результате извержения вулкана.

В литературе по этому вопросу можно найти указание на то, что после извержения вулкана в связи с выделениями соответствующих продуктов, земная кора опускается и как бы замещает освободившееся пространство. Несмотря на простоту этой схемы, она до сих пор оставалась недоказанной. Имелись серьезные возражения, сводящиеся к тому, что в этом вопросе следствие принимается за причину, именно, наблюдается депрессия не потому, что имела место вулканическая деятельность, а сами вулканические явления приурочиваются к областям опускания или грабенам (47).

В более поздней литературе по этому вопросу имеются отдельные частные исследования и изучения (они будут нами в соответствующих местах приведены), которые в общем не вывели этот вопрос из той общей неопределенности, в которой он пребывал раньше.

В настоящей работе мы намечаем дать в кратком изложении новый взгляд на тектонику Араратской котловины, связывая ее с вулканической деятельностью.

## Факторы вулканической депрессии

Как известно, при извержении вулканов выделяется громадное количество газов и паров и извергается значительное количество лавы. При этом количество газов и паров часто в 6—7 и более раз превышает количество изверженной лавы. Эти вулканические выделения разряжают напряженное состояние под земной корой, понижают давление в глубоких слоях.

Помимо этого, изверженная лава, ранее находившаяся под земной корой, располагается над последней, нагружая ее.

В этих условиях земная кора под действием собственного веса и веса изверженной лавы дает деформацию прогиба, стремясь восстановить нарушенное равновесие между действовавшими силами и реакциями.

Это первый фактор вулканической депрессии.

Вулканическая деятельность при своем проявлении создает на каждом данном вулканическом участке под земной корой определенное изменение напряженного состояния.

В условиях вулканической деятельности главные напряжения в магме  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  не могут быть равны друг другу, равенство их исключает движение, исключает проявление вулканической энергии.

В нормальных условиях до проявления вулканической деятельности распределение напряженных состояний земной коры и магмы разное: в верхних частях и в пределах подкоровой магмы вообще  $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ . С глубиной картина меняется. В связи с повышением температуры статический предел текучести материала и коэффициент вязкости быстро начинают уменьшаться и разности значений трех главных нормальных напряжений магмы с определенной глубины стремятся к нулю. Другими словами — с увеличением глубины напряженное состояние стремится все более и более приблизиться к статическому состоянию, когда  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ .

Вулканическая деятельность нарушает в глубинах равенство главных напряжений, делает их неравными, но после вулканического извержения, при установлении статического равновесия появляется общее стремление вернуться к первоначальному состоянию.

Это неизбежно создает пластическую деформацию, а сле-

довательно, и движение. Направление этого движения, конечно, будет обратно тому направлению, которым характеризовалось движение при вулканическом извержении.

Принимая, что при вулканическом извержении имело место движение магматических масс к вулканическому центру, при установлении равновесия будем иметь отток массы от центра к периферии.

Это реактивное движение является вторым мощным фактором, способствующим прогибу земной коры в районе действия вулкана.

С глубиной давление, как известно, повышается и в связи с этим повышается и температура массы.

При вулканическом действии под кратером вулкана в извергаемой магматической массе имеет место дефицит в давлении, в связи с чем создается общее течение магматической массы с более глубоких зон, с зон повышенного давления и температуры, к месту извержения вулкана.

После извержения вулкана в условиях установления на данном участке равновесного состояния временно повышенный термический режим получит соответствующий спад. Это может служить третьим фактором, способствующим прогибу земной коры после извержения вулкана.

Известно, что при медленном течении пластической массы напряжения связаны с деформациями шестью компонентами напряжений, вытекающими из следующих положений и законов.

1) Направления главных удлинений совпадают всегда с направлениями главных нормальных напряжений.

Этот закон содержит в себе три условия, определяющие положение трех взаимно перпендикулярных прямых в пространстве.

2) Вторым законом является постоянство объемов при деформации и, наконец,

3) Третий закон указывает, что диаграмма Мора для деформации всегда подобна диаграмме Мора для напряжений.

Таким образом, в трех законах течения массы заключаются пять условий, относящихся к соотношениям между напряжениями и деформациями.

При такой формулировке один компонент деформации остается неопределенным.

Надаи [6], ссылаясь на опытные данные, приходит к предположению, что шестым компонентом может быть влияние скорости деформации.

На основании опытных данных было определено, что напряжение массы зависит от скорости деформации, именно, чем быстрее возрастают деформации, тем большие напряжения соответствуют относительным изменениям пластической массы. При этом отмечено, что при малых скоростях деформаций влияние скорости сказывается сильнее.

Если условно исключить из рассмотрения зону, непосредственно примыкающую к вулкану, а также зоны весьма отдаленные, с ничтожными скоростями, в основной зоне действия вулкана движение масс будет происходить с небольшими скоростями.

В связи с этим в магматической массе будет иметь место неустойчивое повышенное напряжение, которое будет поддерживаться создавшимися скоростями течения.

Впоследствии, при установлении статического равновесного состояния, этот фактор не может быть сохранен и даст соответствующую реакцию, что будет способствовать движению в обратном направлении.

Принимая во внимание новизну высказанной мысли, это обстоятельство только условно может рассматриваться как четвертый фактор, способствующий прогибу земной коры.

Нет сомнения, что указанные выше факторы требуют для своего проявления больших периодов времени. Надо полагать, что раньше всех причин осуществляет депрессию первый фактор.

### **Волнообразный прогиб земной коры. Трещины и сбросы, вызванные прогибом**

Земная кора представляет из себя сравнительно твердую оболочку, под которой, в основном, залегают пластичные магматические массы.

Явление вулканической депрессии для земной коры в целом может рассматриваться только как местная деформация.

В строительной механике под местной деформацией понимается такая деформация, которая охватывает лишь часть тела, не распространяясь на него в целом.

В стремлении осветить с качественной стороны характер этой депрессии можем прибегнуть к методу, выработанному в строительной механике.

Местная деформация земной коры от вулканической депрессии может быть рассмотрена как деформация бесконечной по площади, но сравнительно тонкой плиты, лежащей на сплошном упругом основании и подверженной сосредоточенной нагрузке.

Может возникнуть вопрос — в какой степени земная кора при ее солидной мощности может быть рассматриваема как тонкая плита.

Акад. Б. Г. Галеркин в своем труде «Упругие тонкие плиты» так освещает этот вопрос. Он считает, что если толщина плиты меньше  $1/10$ — $1/5$  наименьшего измерения плиты, то расчет таких плит в качестве тонких приемлем.

13486  
Помимо этого, в строительной механике принято считать, что толщина плиты не играет роли, если плита имеет неограниченные размеры в двух остальных своих измерениях, и такая плита может быть принята как абсолютно гибкая. Поэтому, говоря о гибкости и прогибе плиты, нельзя сопоставлять размеры прогиба лишь с толщиной плиты. В вопросе гибкости, помимо толщины плиты, имеют исключительное значение два других ее измерения. Сравнительно тонкая плита при малой площади может рассматриваться как абсолютно жесткая и лишенная упругих свойств.

Таким образом, нет принципиальных препятствий для применения к расчету земной коры, хотя и условно, формул, полученных для плит, лежащих на упругом основании.

При этом нужно иметь в виду, что неровностью поверхности земной коры можно пренебречь, так как она незначительна, по сравнению с толщиной земной коры.

Для выяснения характера деформации земной поверхности будем рассматривать, как это обычно делается в расчетах, не действительную поверхность земли, а воображаемую горизонтальную поверхность, проходящую внутри коры через нейтральную ось вертикального сечения земной коры до ее деформации. После выяснения деформации этой поверхности можем накладывать на нее все неровности рельефа и получить, таким образом, окончательный вид деформированной поверхности земли.

Примем следующие обозначения:

$h$  — толщина плиты,

$E$  — модуль Юнга для плиты,

$\mu$  — коэффициент Пуассона.

Оси  $x$  и  $y$  располагаем в нейтральной плоскости недеформированной плиты, ось  $z$  — направляем вниз.

Нагрузку на плиту в точке  $(x, y)$  обозначим через  $P(xy)$ , интенсивность же реакции, возникающей вследствие упругого противодействия основания в той же точке, принимаем равной  $kw$ , где  $k$  — коэффициент постели основания, а  $w$  — прогиб плиты в этой точке.

Дифференциальное уравнение деформированной плиты по Лагранжу имеет следующий вид:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{P(xy)}{B} - \frac{kw}{B}$$

или

$$\Delta \Delta w - \frac{P(xy)}{B} + \frac{kw}{B} = 0.$$

Здесь  $\Delta$  — оператор Лапласа,

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}.$$

$B$  — цилиндрическая жесткость плиты или жесткость плиты при изгибе, определяемая формулой

$$B = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}.$$

Прогиб  $w$ , исчисленный на основании этого уравнения, имеет волнообразный характер с быстро уменьшающимися амплитудами.

Максимальный прогиб неограниченной плиты на упругом основании получается под нагрузкой в точке приложения груза

$$w = \frac{P}{8 \sqrt{Bk}}$$

Первая переменная знака ординат имеет место, примерно, на расстоянии

$$S = \sqrt[3]{\frac{4B}{k}}$$

Расстояние между точками, в которых снова происходит перемена знака ординат или, иначе говоря, длина полуволны, приблизительно равна

$$L = \pi \sqrt[4]{\frac{4B}{k}}$$

Коэффициент затухания, т. е. отношение последующих друг за другом амплитуд (в вертикальном направлении) двух соседних волн, можно принять равным

$$e^{-\pi} = \frac{1}{23,1}$$

Формула для длины полуволны  $L = \pi \sqrt[4]{\frac{4B}{k}}$  указывает на то, что эта величина зависит, с одной стороны, от параметров земной коры, а с другой — от коэффициента постели  $k$  (подкоровой магмы).

При опускании земной коры в условиях изъятия из-под коры изверженной массы величина  $k$  получается переменной. Значительные вулканы характеризуются более понижен-

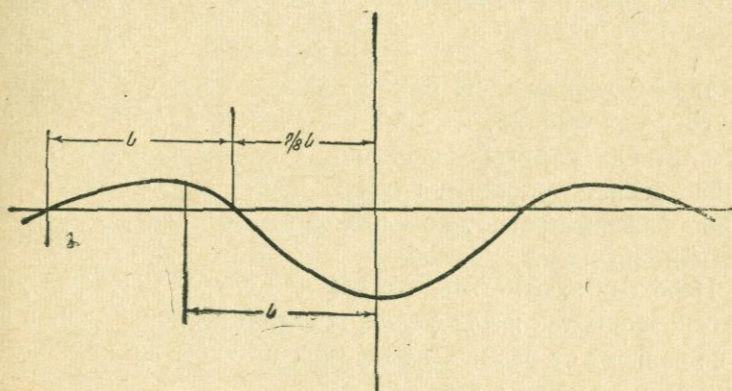


Рис. 1. Схема затухающих волн при действии на плиту сосредоточенной силы.

ными значениями  $k$  в связи с чем, как показывает формула, большим вулканам должны соответствовать и большие значения  $L$ . Как увидим далее, последнее действительно оправдывается.

Схема затухающих волн показана выше (рис. 1).

Нельзя забывать того, что при сравнительно больших размерах площадей, занятых вулканическими извержениями, являющимися нагрузкой, вызывающей вместе с собственным весом земной коры ее прогиб, поверхность Земли уже несколько отступает от плоскости. Действительно, принимая приближенно радиус Земли в 6400 км, а значение  $L$  для горы Арагац, как будет указано ниже, около 45 км, стрела шарового сегмента получится (рис. 2) с достаточной точностью, равной:  $45^2 = 2 \cdot 6400 f$ ,

или  $f = 0,160 \text{ км} = 160 \text{ м}$ .

Таким образом, надо было рассматривать прогиб земной коры не как прогиб бесконечной плиты, а как прогиб части шаровой оболочки на упругом основании.

В настоящее время не окончательно разрешен вопрос о деформации шаровой оболочки, заполненной упругой массой под действием нагрузок, приложенных на отдельных ее участках.

Но замечательно то, что если рассматривать деформацию одной лишь шаровой оболочки без упругого заполнения, картина получается аналогичной случаю плиты на упругом основании: шаровая оболочка, нагруженная сосредоточенным грузом, дает также затухающе-волнообразный прогиб, но с бóльшим относительным волновым поднятием.

Необходимо отметить, что как для случая плиты на упругом основании, так и для случая шаровой оболочки, длина волны не зависит от размеров нагрузки, прогибы же их, конечно, зависят от величины нагрузки.

Все указанные формулы мы привели не для того, чтобы по ним исчислять параметры волновой деформации земной коры. Это абсолютно невозможная задача, так как нам не известны не только коэффициент Пуассона и коэффициент постели земной коры и ее основания, но даже различные для разных участков, элементарные физико-механические показатели, меняю-

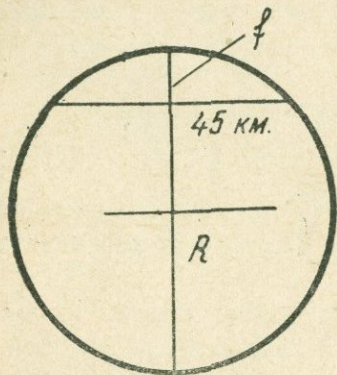


Рис. 2. К определению стрелы шарового сегмента.

щиеся с глубиной и недоступные для непосредственного изучения.

Мы привели эти формулы лишь для случая одной сосредоточенной силы для освещения явления прогиба с качественной стороны, причем только для того, чтобы доказать его волнообразно затухающий характер.

Для наших целей в дальнейшем будем пользоваться лишь первой волной, считая остальные волны практически незначительными.

И. В. Геккелер (1) указывает, что более простые формулы для расчета балок на упругом основании для первого приближения могут быть приняты также и для расчета плит, так как в обоих случаях получаются синусоидальные волны, рассчитываемые по идентичным формулам. Поэтому для качественной оценки явления можем пользоваться в качестве первого приближения результатами, даваемыми теорией балок на упругом основании. При этом можно пользоваться таблицами ординат прогибов и эпюр изгибающих моментов и перерезывающих сил, исчисленными для единичной нагрузки (3).

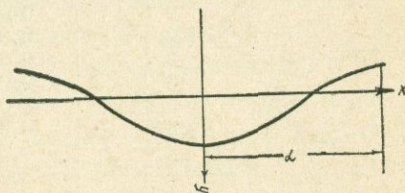


Рис. 3. Схема прогибов, вызывающих изгибающие моменты и поперечные силы.

Эти ординаты и эпюры приведены ниже.

В условиях вулканической депрессии прогиб зависит от двух причин: 1) от условий, способствующих падению давления под земной корой и 2) от дополнительной нагрузки от изверженной массы.

Спад напряжения в магматической массе создает условия для прогиба земной коры под действием ее собственного веса.

Максимальный прогиб имеет место на оси вулкана, прогиб погашается до нуля на периферии.

Если примем нагрузку от изверженной лавы в форме конуса, то вместо одной сосредоточенной силы будем иметь сплошную нагрузку, меняющуюся в соответствии с формой конуса.

В связи с этим суммарные графики прогибов и эпюры из-

Таблица I  
Ординаты прогибов, эпюр изгибающих моментов и перерезывающих сил для балки на упругом основании

Расстояния от силы в $ax$	Ординаты		
	прогибов	моментов	поперечных сил
0,0	1,0	+1,0	-1,00
0,3	0,93	+0,49	-1,71
0,6	0,76	+0,14	-0,45
0,9	0,57	-0,07	-0,25
1,2	0,39	-0,17	-0,11
1,5	0,24	-0,21	-0,01
1,8	0,12	-0,20	+0,04
2,1	0,04	-0,17	+0,06
2,4	0,01	-0,13	+0,07
2,7	-0,03	-0,09	+0,06
3,0	-0,04	-0,06	+0,05
3,3	-0,04	-0,03	+0,04
3,6	-0,04	-0,01	+0,02
3,9	-0,03	0,00	+0,01
4,2	-0,02	+0,01	+0,01
4,5	-0,01	+0,01	0,00

гибающих моментов и поперечных сил получают соответственное изменение от накладок серии графиков, исходящих от каждой точки основания горного массива при разной интенсивности нагрузок.

Чтобы схематически охватить указанные условия, вырежем из плиты полосу бесконечной длины и нагрузим ее рядом сосредоточенных сил, уменьшающихся по закону прямой линии. Две такие линии, образующие равнобедренный треугольник, схематически представляют разрез вулканического конуса, а следовательно, и график нагрузки. (рис. 4).

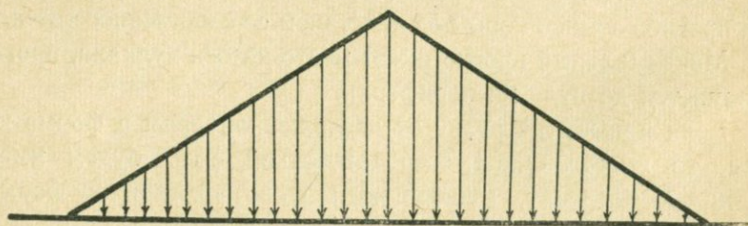


Рис. 4. Схема треугольной нагрузки балки на упругом основании.

Наибольшую центральную силу примем равной единице, половину основания треугольника примем равной 2,4 или  $0,8\pi$ , что в общем соответствует соотношению, существующему для вулканов Араратской котловины.

Расстояние между силами примем равным 0,3. Считая центральную силу за 1,0, для остальных сил получим соответственно 0,88—0,75—0,63—0,50—0,38—0,25—0,13—0,0. Сумма их для всего конуса будет равна 8,04.

Принимая центральную силу равной единице, тем самым мы предопределяем масштаб сил. В соответствии с этим масштабом получается схема прогибов, а также эпюры моментов и поперечных сил.

Хотя абсолютные величины остаются нам неизвестными, все же полученные эпюры дают правильную картину распределения сил и моментов по длине рассматриваемой полосы.

Выше мы привели формулы для прогибов, моментов и поперечных сил для случая, когда действует одна сосредоточенная сила  $P=1$ . В нашем случае надлежит предполагать, что действует ряд сил, размеры коих были приведены выше, в связи с этим, во-первых, ординаты от единичных сил должны быть умножены на величины этих сил, и во-вторых, графики от каждой силы должны быть наложены друг на друга для получения интегрального графика с таким расчетом, чтобы максимальная ордината каждой силы приходилась бы под точкой ее приложения.

На этом основании в нижеприведенных таблицах прогибов, изгибающих моментов и перерезывающих сил для каждой нагрузки в соответствии с точкой ее приложения получены по принципу наложения суммарные графики от совокупного действия.

На прилагаемых схемах представлены интегральные прогибы, эпюры изгибающих моментов и перерезывающих сил. Эти схемы показывают некоторое уменьшение ординат в центральной части.

Можно предположить, что это получилось от того, что мы приняли вместо треугольной нагрузки ряд сосредоточенных сил, хотя и подчиненных закону треугольника.

Чтобы проверить то обстоятельство, что эта характеристи-

Исчисление ординат суммарного прогиба упругой полосы  
от совместного действия ряда сил

$\frac{P}{\alpha x}$	1,0	0,88	0,75	0,63	0,50	0,38	0,25	0,13	$\Sigma$
0,0	1,0	0,82	0,57	0,36	0,20	0,09	0,03	0,01	3,08
0,3	0,93	0,88	0,70	0,48	0,29	0,15	0,06	0,02	3,51
0,6	0,76	0,82	0,75	0,59	0,38	0,22	0,10	0,03	3,64
0,9	0,57	0,67	0,70	0,63	0,47	0,29	0,14	0,05	3,52
1,2	0,39	0,50	0,57	0,59	0,50	0,35	0,19	0,07	3,16
1,5	0,24	0,34	0,38	0,48	0,47	0,38	0,23	0,10	2,62
1,8	0,12	0,21	0,26	0,36	0,38	0,35	0,25	0,12	2,05
2,1	0,04	0,11	0,16	0,25	0,29	0,29	0,23	0,13	1,49
2,4	0,01	0,04	0,08	0,15	0,20	0,22	0,19	0,12	1,01
2,7	-0,03	0,01	0,03	0,08	0,12	0,15	0,14	0,10	0,60
3,0	-0,04	-0,02	0,01	0,03	0,06	0,09	0,10	0,07	0,30
3,3	-0,04	-0,04	-0,02	0,01	0,02	0,05	0,06	0,05	0,09
3,6	-0,04	-0,04	-0,03	-0,02	0,00	0,02	0,03	0,03	-0,05
3,9	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,01	0,02	-0,10
4,2	-0,02	-0,03	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	0,00	0,00	-0,15
4,5	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	0,00	-0,11

Примечание: Масштаб расстояний принят в специальных единицах, равных  $\alpha = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}}$

Таблица 3

Исчисление ординат суммарных моментов упругой полосы  
от совместного действия ряда сил

$\frac{P}{\alpha x}$	1,0	0,88	0,75	0,63	0,50	0,38	0,25	0,13	$\Sigma$
0,0	1,0	0,43	0,10	-0,04	-0,09	-0,08	-0,05	-0,01	1,26
0,3	+0,49	0,88	0,37	+0,09	-0,04	-0,06	-0,05	-0,03	1,65
0,6	+0,14	0,43	0,75	0,31	+0,07	-0,03	-0,04	-0,03	1,60
0,9	-0,07	0,12	0,37	0,63	0,25	+0,05	-0,02	-0,02	1,31
1,2	-0,17	-0,06	0,10	0,31	0,50	0,19	+0,04	-0,01	0,90
1,5	-0,21	-0,15	-0,05	0,09	0,25	0,38	0,12	+0,02	0,45
1,8	-0,20	-0,18	-0,13	-0,04	0,07	0,19	0,25	0,06	0,02
2,1	-0,17	-0,17	-0,16	-0,11	-0,04	0,05	0,12	0,13	-0,35
2,4	-0,13	-0,15	-0,15	-0,13	-0,09	-0,03	0,04	0,06	-0,58
2,7	-0,09	-0,11	-0,13	-0,13	-0,11	-0,06	-0,02	0,02	-0,63
3,0	-0,06	-0,08	-0,10	-0,11	-0,10	-0,08	-0,04	-0,01	-0,58
3,3	-0,03	-0,05	-0,07	-0,08	-0,09	-0,08	-0,05	-0,02	-0,47
3,6	-0,01	-0,03	-0,05	-0,06	-0,07	-0,06	-0,05	-0,03	-0,36
3,9	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,05	-0,05	-0,04	-0,03	-0,24

Исчисление ординат суммарных поперечных сил упругой полосы от совместного действия ряда сил

$\frac{P}{\alpha x}$	1,0	0,88	0,75	0,63	0,50	0,38	0,25	0,13	$\Sigma$
0,0	-1,0	+0,57	+0,34	+0,16	+0,05	0,00	-0,01	-0,01	+0,10
0,3	-0,71	-0,88	0,53	+0,28	+0,13	+0,04	0,00	-0,01	-0,63
0,6	-0,45	-0,57	-0,75	0,45	+0,22	+0,09	+0,03	0,00	-0,98
0,9	-0,25	-0,46	-0,53	-0,63	+0,35	+0,17	+0,06	+0,01	-1,22
1,2	-0,11	-0,22	-0,34	-0,45	-0,50	+0,27	+0,11	+0,03	-1,21
1,5	-0,01	-0,10	-0,19	-0,28	-0,35	-0,38	+0,18	+0,05	-1,07
1,8	+0,04	-0,01	-0,01	-0,16	-0,22	-0,27	-0,25	+0,09	-0,79
2,1	+0,06	+0,03	+0,03	-0,07	-0,12	-0,17	-0,18	-0,13	-0,55
2,4	+0,07	+0,05	+0,05	-0,01	-0,05	-0,09	-0,11	-0,09	-0,18
2,7	+0,06	+0,06	+0,05	+0,03	0,00	-0,04	-0,06	-0,06	+0,04
3,0	+0,05	+0,05	+0,05	+0,04	+0,02	0,00	-0,03	-0,03	+0,15
3,3	+0,04	+0,04	+0,04	+0,04	+0,03	+0,02	0,00	-0,01	+0,20
3,6	+0,02	+0,03	+0,04	+0,04	+0,04	+0,02	+0,01	0,00	+0,20
3,9	+0,01	+0,02	+0,03	+0,03	+0,03	+0,03	+0,02	+0,01	+0,18

ка полученных кривых не зависит от того, что мы отступили от применения сплошной нагрузки, проведем расчет прогиба для середины при сплошной нагрузке.

Расчет на треугольную сплошную нагрузку приводит к весьма сложным интегралам. Чтобы избегнуть их, заменим треугольную нагрузку слоями сплошной равномерной нагрузки, но разной длины, согласно схеме (рис. 5).

Такой подход разрешит нам упростить задачу без потери, однако, точности ее решения.

Таблицы ординат прогибов, моментов и перерезывающих сил, которые были приведены выше, были исчислены на основании уравнений: для прогибов:

$$y = \frac{P}{8EJ\alpha^3} e^{-\alpha x} (\operatorname{cs} \alpha x + \operatorname{sn} \alpha x) = \frac{P}{8EJ\alpha^3} \eta$$

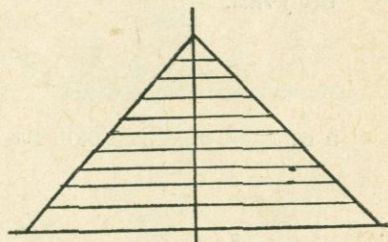


Рис. 5. Схема замены треугольной нагрузки слоями сплошной нагрузки.

для изгибающих моментов:

$$M = \frac{P}{4\alpha} e^{-\alpha x} (\sin \alpha x - \operatorname{cs} \alpha x) = -\frac{P}{4\alpha} \eta_1$$

для перерезывающих сил:

$$Q = -\frac{P}{2} e^{-\alpha x} \operatorname{cs} \alpha x = -\frac{P}{2} \eta_2$$

где

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}}$$

Для сплошной равномерной нагрузки прогиб в какой-либо точке (А), вызванный элементарной нагрузкой (рис. 6) найдем, если в первое уравнение подставить вместо силы р нагрузку

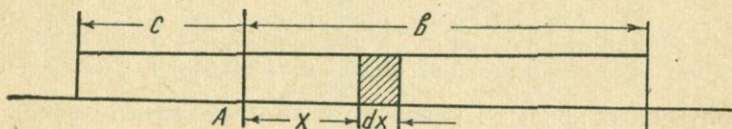


Рис. 6. Схема нагрузки балки на упругом основании элементарной силой.

$qdx$ , тогда для соответствующего элементарного прогиба получим.

$$dy = \frac{qdx}{8EJ\alpha^3} e^{-\alpha x} (\operatorname{cs} \alpha x + \sin \alpha x),$$

а от всей равномерной нагрузки

$$\begin{aligned} y &= \int_0^b \frac{qdx}{8EJ\alpha^3} e^{-\alpha x} (\operatorname{cs} \alpha x + \sin \alpha x) + \int_0^c \frac{qdx}{8EJ\alpha^3} e^{-\alpha x} (\operatorname{cs} \alpha x + \sin \alpha x) = \\ &= \frac{q}{2k} (2 - e^{-\alpha b} \operatorname{cs} \alpha b - e^{-\alpha c} \operatorname{cs} \alpha c) . \end{aligned}$$

Исчислим по этой формуле лишь одну интересующую нас центральную ординату.

Для нее  $b = c$

$$\text{тогда } y = \frac{q}{2k} (2 - 2e^{-\alpha b} \operatorname{cs} \alpha b) = \frac{q}{k} (1 - e^{-\alpha b} \operatorname{cs} \alpha b) .$$

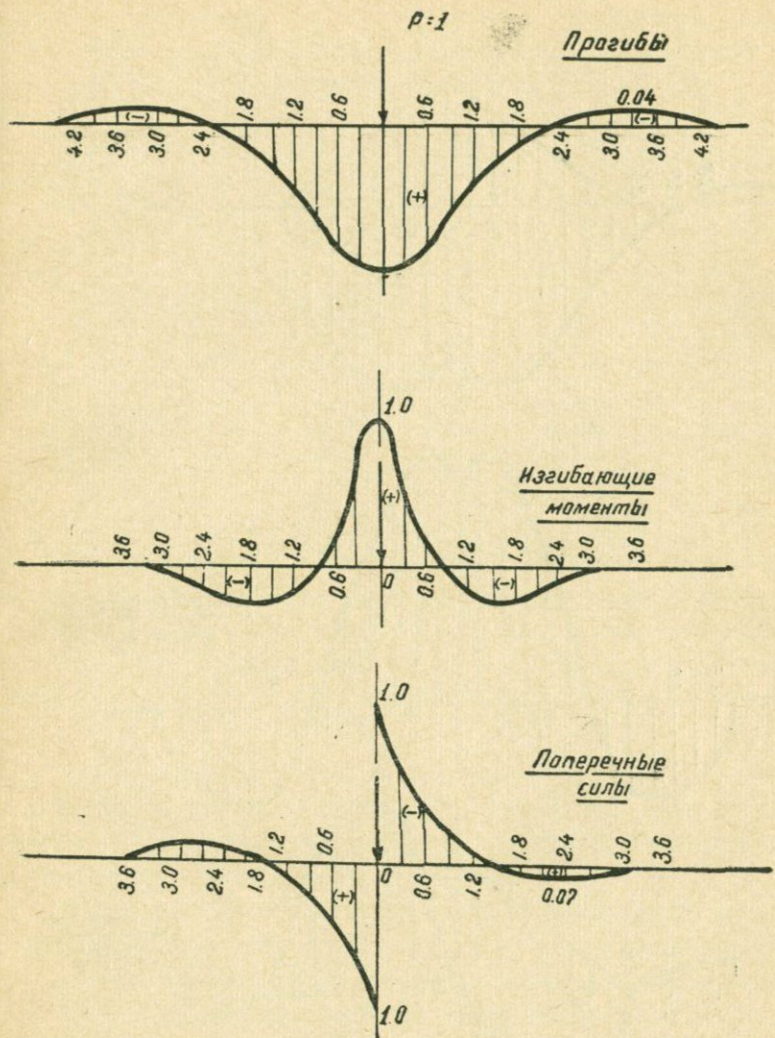


Рис. 7. Прогибы и эпюры изгибающих моментов и поперечных сил для бесконечной балки на упругом основании, вызванные единичной нагрузкой.

Горизонтальные расстояния для прогибов будем исчислять не в метрах, а в специальных единицах  $\alpha$ , тогда вместо расстояния  $\alpha b$  будем иметь просто  $b$ .

Разделим сплошную треугольную нагрузку при высоте треугольника, равной единице, на ряд полос с высотой  $1/10$ , а самые верхние  $1/20$ , что обеспечит нам вполне достаточную точность.

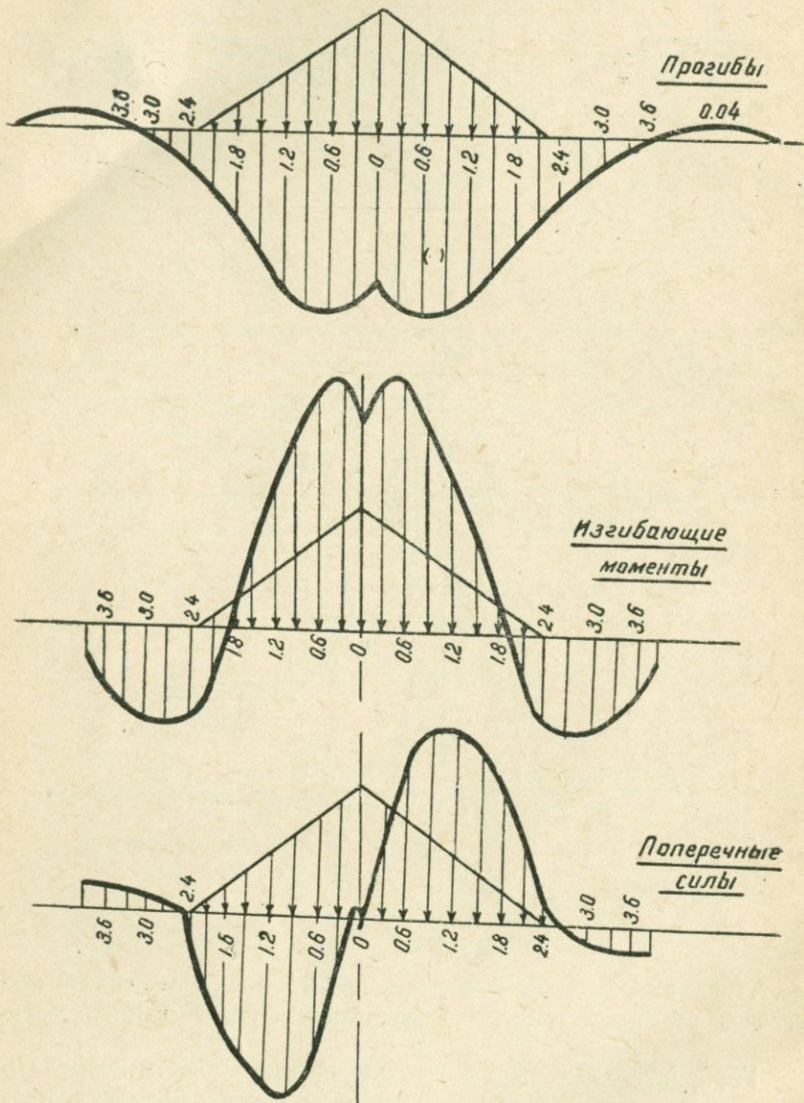


Рис. 8. Прогиты и эпюры изгибающих моментов и поперечных сил для бесконечной балки на упругом основании, вызванные действием треугольной нагрузки.

Исчисление центральной ординаты прогиба при сплошной  
треугольной нагрузке

q	b	$-ab\lg e$	$e^{-ab}$	$csab$	$1 - e^{-ab}csab$	$q(1 - e^{-ab}csab)$
1/10	2,40	-1,04	0,09	-0,731	1,066	0,107
1/10	2,28	-0,99	0,103	-0,647	1,067	0,107
1/10	2,04	-0,884	0,130	-0,431	1,056	0,106
1/10	1,80	-0,780	0,166	-0,227	1,038	0,104
1/10	1,56	-0,676	0,212	0,00	1,000	0,100
1/10	1,32	-0,572	0,266	0,247	0,934	0,093
1/10	1,08	-0,470	0,340	0,483	0,836	0,084
1/10	0,84	-0,370	0,425	0,567	0,717	0,072
1/10	0,60	-0,260	0,550	0,826	0,546	0,055
1/20	0,32	-0,138	0,730	0,949	0,307	0,015
1/20	0,12	-0,051	0,890	0,993	0,116	0,006
Итого						0,850

Общая нагрузка на балку в прежних условиях, когда брали сосредоточенные силы, определялась величиной 8,04 ед., а в условиях сплошной нагрузки — 2,4 ед. Для проведения сравнения мы должны полученный табличный результат увеличить в  $\frac{8,04}{2,4} = 3,35$  раза; Тогда получим  $0,850 \cdot 3,35 = 2,85 < 3,08$

Таким образом, расчет на сплошную нагрузку показывает, что характер кривой прогиба, исчисленной при ряде сосредоточенных нагрузок, сохраняется и при сплошной нагрузке, и следовательно, не подлежит изменению.

Схемы, составленные на основании таблиц (рис. 7 и 8), говорят за то, что для земной коры изгибающие моменты достигают своих максимальных значений, в основном, в центральных частях основания вулканического массива, причем их знак положителен, следовательно, они должны вызвать трещины не на поверхности земли, а в глубинных слоях, как это имеет место в синклиналиях. Что же касается более отдаленных от центра участков, то здесь моменты исключительно отрицательные и стремятся дать трещины у поверхности земли.

На кольцевой полосе вокруг вулкана, где эти моменты на поверхности земли достигают максимального значения, при этом могут появиться трещины, за которыми следуют подня-

тия. Трещины могут появиться там, где модуль Юнга велик, где в связи с жесткостью изверженной породы, не могут иметь места заметные упругие деформации.

Для характеристики пород с этой точки зрения приведем цифровые значения модуля Юнга по данным проф. Н. М. Герсеванова [4]. Для глин модуль Юнга равен примерно  $60 \text{ кг/см}^2$ , а для твердых скалистых грунтов он исчисляется в сотни тысяч  $\text{кг/см}^2$ .

Согласно нашим эпюрам, которые были приведены выше, максимальные отрицательные моменты, могущие дать трещины в земной коре, приходится на расстоянии около  $2,7$  или  $7/8 L$ .

Не надо думать, что размеры современных каньонов рек Араратской котловины, с сравнительно большим расстоянием между почти вертикальными склонами, являются только результатом образования трещин. А. В. Пек [8] правильно отмечает, что трещины, вообще говоря, не должны быть глубокозияющими; они по длине часто выклиниваются, сменяются другими трещинами, расположенными на продолжениях предыдущих трещин или им параллельных. Иногда они представляют из себя ряд относительно небольших параллельных трещин.

Трещинные раскрытия в результате вулканической депрессии имеют описанную выше характеристику. Уменьшающаяся с глубиной трещина кончается там, где раскрытие не превышает величины упругой деформации, предшествующей разрыву.

Эрозионные процессы, в особенности, когда трещина занимает речным потоком, быстро разрабатывают каньоны и

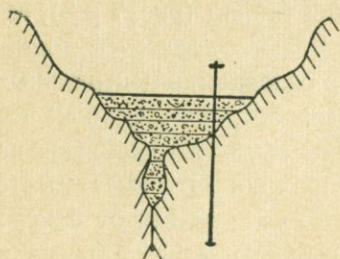


Рис. 9. Разрез по долине р. Коттенвуд.

глубокие русла. Таким образом, современное раздвижение бортов каньонов на линиях трещин—это результат эрозии, в глубине-погребенное трещинное раскрытие. Для иллюстрации сказанного приводим разрез по долине р. Коттенвуд в Калифорнии (рис. 9), заимствованный у Моисеева (19).

Для поперечных перерезывающих сил, могущих вызвать кольцевые сбросы, максимум срезывающих сил, согласно на-

шим графикам, имеет место на участке от  $\frac{1}{4}L$  до  $\frac{1}{2}L$ ; при этом максимальные срезающие силы для левой части положительны, а для правой — отрицательны. Для периферии срезающие силы имеют обратные знаки; по величине они незначительны.

На основании правил строительной механики положительные поперечные силы для левой части соответствуют направлению вверх.

Поэтому полученный нами график поперечных сил может дать сбросы, согласно схеме (рис. 10).

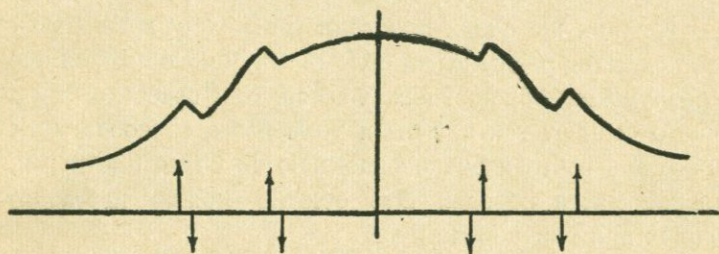


Рис. 10. Схема сбросов и поперечных сил при прогибе участка земной коры,

Итак, вулканическая депрессия вызывает: 1) отрицательные изгибающие моменты в сечениях, находящихся на расстоянии  $\frac{7}{8}L$ , считая от центра вулкана, что может сопровождаться образованием трещины в случае скальных или других твердых пород, 2) поднятие участка, расположенного на расстоянии  $L$ , где  $L$  — длина интегральной полуволны, и, наконец, 3) сбросы на участке  $\frac{1}{4}L \div \frac{1}{2}L$  с понижениями, обращенными в сторону центра вулкана.

Отметим, что согласно законам механики, при сбросе имеет место опускание одного крыла по линии сброса и одновременно подъем другого крыла, причем последний по размерам будет уступать первому.

Все приведенные соображения о прогибе, об изгибающих моментах и перерезывающих силах относятся к неповрежденной коре.

В условиях поврежденной коры эффект, вообще говоря,

усилится; одновременно выведенные закономерности будут частично нарушены, но без изменения принципиальной схемы и характера деформации земной коры.

При учете старых сбросов, искажающих стройность деформаций от вулканической депрессии, надо иметь в виду, что, как это указывается в литературе [8], уже на глубине 17 км могут быть лишь случайные небольшие пустоты, так как значительная температура и давление на этой глубине вызывают в надтреснутой коре пластические деформации массы, а потому — и течение последней в сторону трещины. В результате на полосе трещины получается восстановление цельности земной коры, но не по всей высоте, а лишь, примерно, с глубины 17 км.

В верхних же слоях пространство между крыльями сбросов заполняется различными обломками, являющимися продуктом разрушения сброшенных пластов. Как известно, эти сбросы часто бывают так забиты и уплотнены, в особенности при наличии воды, что нередко оказываются более плотными, чем остальная масса породы. Это обычно можно наблюдать в штольнях при разработке руды.

Для движения грунтовых вод сбросы в осадочных породах являются препятствиями, как бы подземными плотинами (27).

При этом нужно указать, что в современной геологии укоренилось мнение, что древние трещины являются обычно затянутыми, потерявшими свойства трещин, так как прочность пластов с течением времени восстанавливается.

Что древние трещины Араратской котловины не столь ослабили земную кору, видно из того, что горы Арагац и Арарат представляют вулканы центрального типа, а не трещинного. Если бы кора была серьезно повреждена трещинами значительного протяжения, то излияния лавы были бы трещинными.

Однако между верхними слоями и слоями на больших глубинах значительная часть сбросов относительно слабо восстанавливается, и это понижает прочность земной коры. В толще же изверженной массы указанного восстановления быть не может. Но в рассмотренной нами схеме изверженная масса является не частью деформированной коры, а лишь нагрузкой на нее.

При определении величины прогиба земной коры имеет существенное значение ее расчетная мощность. Рассмотрим современные взгляды на этот вопрос.

Акад. В. А. Сельский [20], рассматривая ряд новейших воззрений на физику земной коры, указывает, что минеральная оболочка, объемлющая земной шар, имеет границы резких изменений свойств, находящиеся на различных глубинах. Скорость распространения сейсмической волны в 12 км/сек соответствует породам, которых нет на поверхности земли, и которые составляют за базальтами какой-то новый слой. Поскольку скорость распространения сейсмических волн нарастает постепенно, записи сейсмических приборов не могут улавливать границ раздела, в связи с чем мы не можем точно говорить о границе раздела тех слоев, которые следуют за 37 километровым слоем гранита и базальта.

«Надо полагать, говорит акад. В. А. Сельский, что существование глубоких очагов землетрясений до 800 км указывает как раз на ту границу, на которой кончается собственно оболочка земли и где еще имеют место течения конвекционных токов, влияющих на всю тектонику земной коры» [20].

Хейфорд, использовавший значительное количество данных по отклонению отвеса, отмечает, что при глубине в 120 км для изостатической поверхности получается наилучшая сходимость между наблюдаемыми и вычисленными отклонениями отвеса. Из наблюдений над силой тяжести на этой же глубине получается резкое увеличение упругих свойств вещества [20]. Надаи А. исчисляет глубину изостатического погружения под океанами в 32 км, для суши с отметкой в 1000 м.— в 42 км [6].

Гуттенберг исчисляет глубину залегания границы между кристаллическими и аморфными породами в 30—40 км [20].

Для наших целей важна та мощность земной коры, при которой прогиб может иметь практически ощутимые размеры.

Джефрейс отождествляет континенты пленкам, прогнувшимся под тяжестью гор, считая, что эти пленки имеют мощность в 30—50 км. Он же путем простого расчета доказывает, что континенты часто не могут сохранять своей цельности и что достаточно горной цепи высотой в 700 м для смещения континентов [20].

Вопрос изостатического вертикального смещения и проги-

бов для геофизики всегда являлся одним из основных. При этом имеет существенное значение вопрос о локальной или региональной компенсации, регулирующей процессы в земной коре. «Если мы,— говорит В. А. Сельский,— выделим ограниченное пространство земной коры, примерно в  $1 \text{ км}^2$ , и нагрузим его большим количеством породы, то влияние этой нагрузки может выразиться максимум в прогибе, так как нагруженная часть под действием молекулярных сил не может порвать связи с основным массивом». Несомненно, что земная кора при малых размерах нагружаемой поверхности, даже при большой интенсивности нагрузки, подвержена только прогибу. В случае больших размеров нагруженной поверхности при той же интенсивности нагрузки напряжения в коре могут превзойти предел упругости. В последнем случае будут действовать уже не молекулярные силы, а сила тяжести. Хейфорд и Беви, на основании примененного ими метода изостатической редукции, приходят к выводу, что изостазия может сказываться на весьма небольших участках земной поверхности, имеющих, примерно, радиус до 20 км [17].

Таким образом, в этом освещении, участок в 40 км в стороне может явиться самостоятельным объектом изостатического погружения или поднятия, а для возникновения прогибов достаточны участки значительно меньшей площади.

Вейнинг-Мейнец, считая, что при изостазии компенсация полностью концентрируется в нижней части 100—120 км слоя, приходит к выводу, что мощность земной коры надлежит исчислять в 25 км [20].

При прогибе земной коры имеет существенное значение величина модуля Юнга  $E$  и коэф. Пуассона  $\mu$ . Обе эти величины являются постоянными для изотропных тел; для земной коры, температура и структура которой меняются с глубиной, обе эти величины являются переменными. Исходя из нормального геотермического градиента, надо считать, что на глубине 15—20 км температура красного каления обеспечена и достигает на глубине в 30 км  $800^\circ$  [20]. По данным Надаи для металлов с повышением температуры до точки плавления модули  $E$  и  $G$  падают на 86—90%. [6], также известно, что при красном калении массивных пород (гранита, диабазы, порфира, кварца и др.) уже выделяется при нормальном давлении значительное

количество паров и газов, объем которых в 6—7 раз превышает объем породы [47].

Следовательно, прогибаться могут лишь верхние слои земной коры общей мощностью не более 25—40 км. Мы полагаем, и это будет показано ниже, что и вулканический очаг располагается под земной корой также неглубоко; это в свою очередь сосредотачивает факторы, обуславливающие прогиб, в пределах верхней части земной коры в 25—40 км.

При этом, как будет доказано ниже, расчетная толщина изгибающейся коры, условно рассматриваемой как изотропное тело, должна быть принята в размере лишь половины указанной мощности.

Приведенные соображения говорят за то, что хотя земная кора и обладает немалой мощностью, но ее сопротивление изгибу невысокое, — земная кора податлива на изгиб.

Выше мы указали, что активной силой, изгибающей земную кору непосредственно после извержения, является вес земной коры и вес извергшейся лавы. При извержении лавы выделяется также значительное количество газов и паров. Это говорит за то, что в пределах вулканического очага подкоровые пространства при извержении (и только при извержении) бывают насыщены газами, находящимися под избыточным давлением и имеющим избыточную температуру.

Если считать, что по окончании цикла вулканического извержения давление под корой перестает быть избыточным и земная кора поддерживается в первоначальном положении оставшимися под корой газами и вспущенной газами магмой, то все же это состояние не является состоянием окончательного равновесия, так как на поверхности земной коры появляется новая значительная масса лавы, вызывающая медленно развивающийся прогиб коры, без чего не может иметь место окончательное равновесие. Так, медленно прогибается под тяжелой колонной широкая несущая плита, находящаяся на слабом основании. И подобно тому, как этим прогибом охватывается площадь плиты, далеко выходящая за пределы контура колонны и всецело зависящая от жесткости плиты (рис. 11), так и в земной коре прогиб не ограничивается контуром изверженной лавы, а дает прогиб на площади, имеющей радиус равный длине интегральной полуволны, величина которой была указана выше.

Медленное оседание земной коры, как было сказано выше, происходит не только в зависимости от давления сверху, оно поддерживается и усиливается еще теми вулканическими факторами, которые действуя под корой, понижают в течение некоторого времени противодействие подкорковых масс.

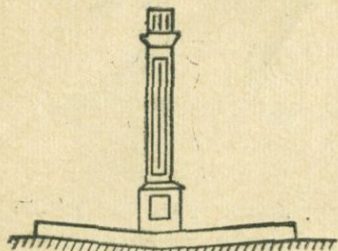


Рис. 11. Схема прогиба плиты на сплошном упругом основании под нагрузкой.

Помимо всего этого, в случае, если земная кора сложена осадочными породами, то последние подвергаются ощутительному уплотнению под мощной нагрузкой от изверженной лавы.

Итак, земную кору надо рассматривать не как плиту из обычного изотропного материала, а как плиту с переменным модулем Юнга. В условиях падающих с глубиной значений этого модуля диаграмма напряжений при изгибе примет вид, согласно приведенным схемам (рис. 12). Это указывает на то, что нейтральная ось при изгибе земной коры располагается очень высоко.

Если принять изменения  $E$  по прямой, расчетная высота плиты будет  $2/3 h$ , а если принять криволинейное изменение  $E$ , то—около  $1/2 h$  (рис. 12).

Поэтому, рассматривая прогиб земной коры условно, как прогиб 25—40 км плиты, мы должны полагать расчетную толщину коры в размере всего лишь половины реальной ее толщины с сохранением, однако, полного веса всей коры, кстати сказать, с повышающимся с глубиной удельным весом, что имеет существенное значение в процессе прогиба.

Таким образом, нельзя считать значительным упругое сопротивление земной коры прогибу.

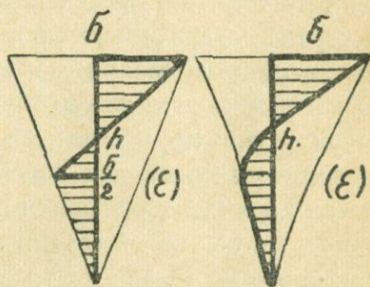


Рис. 12. Схема напряжений в земной коре при переменном модуле Юнга.

Подвергнем специальному рассмотрению вопрос устойчивости земной коры.

Устойчивость тонкой шаровой оболочки, вообще говоря, ничтожна и всецело зависит от отношения толщины оболочки к диаметру шара.

Критическая интенсивность сплошной нагрузки, могущая нарушить устойчивость оболочки, определяется формулой

$$P_{кр} = \frac{8E}{\sqrt{3 \frac{m^2 - 1}{m^2}}} \left( \frac{h}{R} \right)^2$$

Примем:

1) Расчетную мощность сорокакилометровой земной коры, рассматривая ее как изотропную плиту толщиной  $2h=20$  км.

2) радиус земного шара  $R=6400$  км

3) коэф. Пуассона для базальта (22)  $\mu = 0,25$  при  $m=4$

4) Модуль Юнга для гранита (3)  $750000$  кг/см<sup>2</sup>

5) Вес ед. объема породы —  $3$  т/м<sup>3</sup>

Тогда интенсивность сплошной нагрузки, могущей нарушить устойчивость, будет:

$$P_{кр} = \frac{8 \cdot 750\,000}{\sqrt{3 \frac{16-1}{16}}} \left( \frac{10}{6400} \right)^2 = 9 \text{ кг/см}^2$$

в то время как от собственного веса земной оболочки против этой величины имеем

$$p = 0,3 \cdot 1000 \cdot 40 = 12000 \text{ кг/см}^2.$$

Это говорит за то, что земная кора как самостоятельная шаровая оболочка при значительности земного радиуса не обладает никакой устойчивостью и следует полностью за деформациями подкоровой магмы.

Поэтому надо признать, что правы те, которые не придают большого значения упругости земной коры [20]. Земная кора работает, в основном, как ровная плита значительных размеров в плане; по этой причине ее гибкость резко выражена и допускает образование прогибов на сравнительно незначительных участках, пораженных вулканической депрессией.

Итак, в условиях вулканической депрессии максимальный прогиб получается под центром вулкана; к периферии прогиб, постепенно уменьшаясь, переходит в волнообразный подъем, кольцом окаймляющий вулканическую гору.

Основной прогиб земной коры располагается под центром вулкана. Этот прогиб снижает вершину горы, но, конечно, не на всю ее высоту, так как все же гора фактически возвышается над окружающей местностью. На периферии горы мы должны видеть волнообразное поднятие, если только изверженные массы не перекрыли целиком и этого окольцевания.

В литературе можно найти смущавшие до сего времени указания, что вокруг вулканических возвышенностей, как показывают наблюдения, осадочные породы ведут себя различно — в одном случае они остаются нейтральными, в другом случае опускаются или поднимаются. Так, П. Скроп [47], разбираясь в этом вопросе, указывает, что вокруг Новозеландских вулканов отмечается в одном случае опускание, а в другом — нейтральное положение третичных отложений. Эльбрус и Казбек по Мушкетову не изменили вокруг себя направлений пластов. Тот же автор указывает, что нередко имеет место и поднятие осадочного окружения, но таковое охватывает сравнительно небольшие области и ограничивается только ближайшими окрестностями вулканов (47).

Из этого небольшого обзора можно усмотреть, что в геологической литературе нет пока каких-либо объяснений этому явлению; неизвестно еще, когда именно осадочное окружение вулкана подвергается опусканию или поднятию и когда остается без изменения положения, но уже подмечено, что все три положения в разных случаях имеют место.

В волнообразном прогибе земной коры на периферии вулкана мы имеем прекрасное объяснение этому явлению. В зависимости от того, как далеко растеклись лавы от вулкана и какую часть волнообразно изогнутой полосы они покрыли, можно иметь соответственно все три случая, не исключая и такого положения, когда вокруг одного и того же вулкана могут встретиться на разных участках его подошвы различные случаи.

Ниже мы приводим схемы, впервые объясняющие указанные три случая (рис. 13).

Конечно, правильно указание, что поднятия и опускания

осадочных пластов не отходят далеко от массива вулкана, не занимают обширных областей, а ограничиваются ближайшими окрестностями вулкана.

Небезынтересно отметить, что геофизические исследования, проведенные в 1942 г. Геологическим институтом Академии наук Армянской ССР, обнаружили под Арагацем на широкой полосе резкое падение осадочной поверхности именно во внутрь горы, охватив широкую коническую поверхность прогиба от вулканической депрессии [34].

Вулканическая депрессия имеет широкое развитие во всех вулканических областях; имеется много фактов, указывающих на определенную связь между депрессией и вулканизмом. Но в имеющейся литературе отмечается односторонний подход к этому явлению: указывается, что вулканические области приурочиваются к краям грабенов и мегаантиклинальным сводовым поднятиям, как бы подчиняя вулканизм явлениям депрессий и поднятий.

Подобными примерами развития вулканизма являются Рейнская область, Южная Африка, Греческий архипелаг, Япония и др. (47).

Мы не исключаем такого подхода, что будет ясно из дальнейшего, но одновременно указываем и на новое обстоятельство, что сами грабены и опускания в иных случаях появляются от вулканической депрессии.

Вулканическая депрессия, как было сказано выше, может дать и сбросы, вызванные перерезывающими силами, достигающими максимальных значений на участке  $\frac{1}{4} L \div \frac{1}{2} L$ , где  $L$ —длина интегральной полуволны.

В натуре редко удастся обнаружить понижения, вызванные сбросами, так как с течением времени сбросовые ступени, рас-

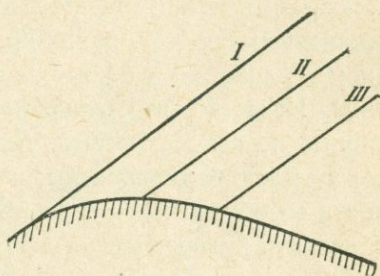


Рис. 13. Три случая сопряжения осадочного основания вулкана с его лавами.

полагаясь на склонах гор, сглаживаются эрозией как путем срыва выступающих углов, так и заполнением впадин.

Обстоятельством, свидетельствующим о сбросе, до некоторой степени может служить наличие на крутых склонах местных пологих участков или площадок.

Лишь на свежих сбросах и то лишь в твердых породах можно видеть острые выступающие углы или площадки и этим непосредственно проверить правильность наших выводов о депрессионных сбросах, характерных не только своим расположением в плане, но и понижениями, обращенными к центру вулкана. Известно, что очень крутые склоны М. Арарата через равные по высоте промежутки прерываются горизонтальными кольцевыми бермообразными уступами, полностью окружающими стройный конус горы [62]. Это явление правильной всего объяснить вулканической депрессией.

Картину вулканической депрессии можно видеть и на осевшем вулкане Гриндавик в Исландии [10] (рис. 14).

Классическим образцом кольцевого сброса, вызванного вулканической депрессией, является гора Немруд на берегу Ванского озера.

Линч, Богачев и проф. Жуковский так описывают Немруд.

Немруд представляет потухший вулкан, форма его почти круглая. Диаметр кратера около 7—8 км. Глубина кратера, считая от самых высоких точек гребня — 600 м, а от наиболее низких — 300 м. На дне кратера большое пресноводное озеро и 3—4 небольших озера. В кратере имеются незначительные выходы теплых минеральных кислых вод с газом, говорящие о ювенильном характере этих вод [24, 35, 45].

Неправильно считать круглый провал Немруда кратером. Невероятен кратер диаметром в 8 км, тем более для такой незначительной вулканической горы. Скорее это кольцевой сброс, вызванный вулканической депрессией, о чем говорит и положение кратера, и его глубина, и наличие выходов ювенильных вод.

Отметим, что известные в литературе крупные старые кратеры, достигающие иногда до 20 км в диаметре, обычно бывают заполнены продуктами последующих извержений и внутри их располагаются новые кратеры значительно меньшего диаметра [47]. Но и эти старые «кратеры» больше похожи на кольцевые сбросы, названные вулканической депрессией.

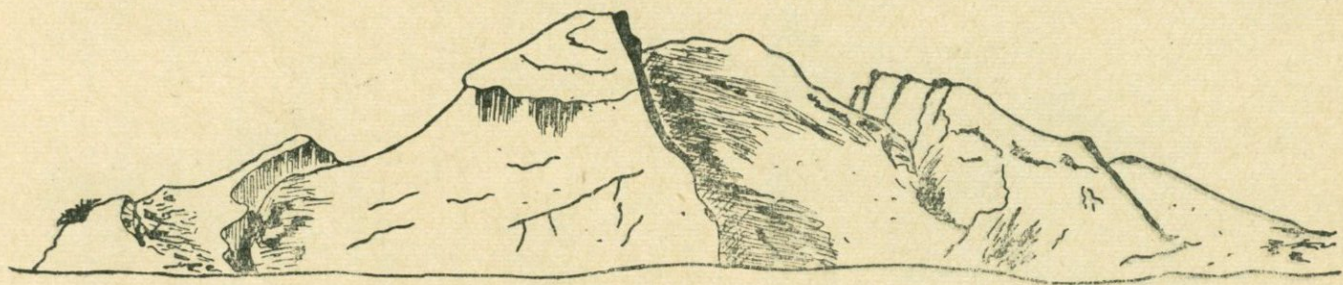


Рис. 14. Вулкан Гриндавик в Исландии.

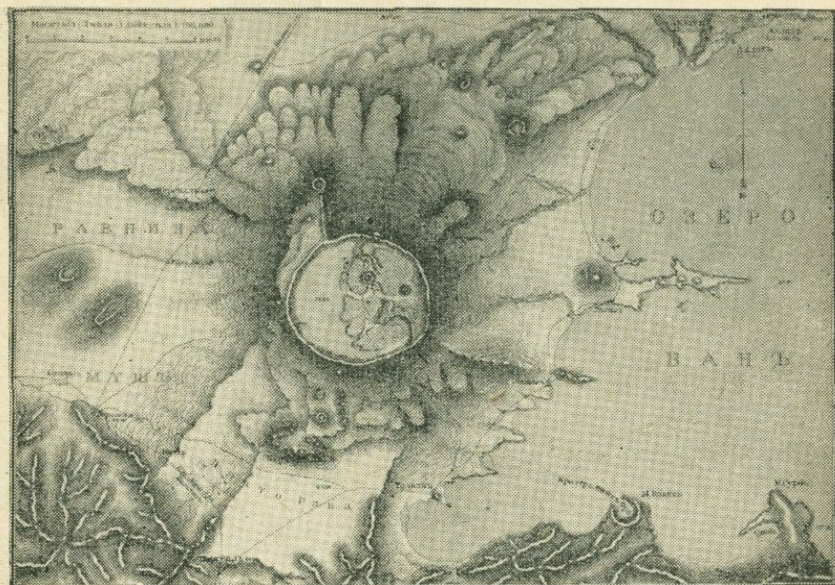


Фото 1. Вулкан Немруд.

Выше мы указывали, что выступы, вызванные кольцевыми сбросами, как правило, сглаживаются эрозией. Нет сомнения, что интенсивность эрозионного процесса сильнее проявляется

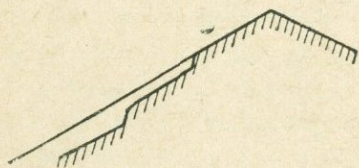


Рис. 15. Разрез нехарактерный для вулканической депрессии.

на склонах гор, чем на гребне, поэтому выступы и впадины больше всего сохраняются на гребнях.

Еще раз отметим, что для вулканической депрессии характерными являются лишь те сбросы, которые обращены к центру вулкана, и не могут считаться характерными уступы обратного направления, которые образуют уже не площадки, а крутые склоны (рис. 15).

#### **Дислокация изверженной массы в связи с оседанием основания**

До сих пор мы рассматривали оседание земной коры в целом. Теперь мы рассмотрим дислокацию изверженной лавовой массы в связи с оседанием ее основания.

Оседание основания должно вызвать соответствующее опускание и лавового массива вулкана.

Основание, сложенное осадочными породами, обычно обладает некоторой упругостью и может дать прогибы без разрывов, но лавовый массив вулкана имеет настолько большую жесткость, что не может следовать за опусканием основания иначе, как путем дислокации массива в целом. При этом внутри массива появятся концентрические поверхности сдвига, обрушения и трещины.

Проследим характер этих нарушений.

При конической форме лавового массива, благодаря оседанию основания также по поверхности вращения, первоначальная горизонталь  $ab$  имеет возможность занять положение  $a'b'$ , не меняя своей длины (рис. 16). При этом процесс оседания может протекать двояко:

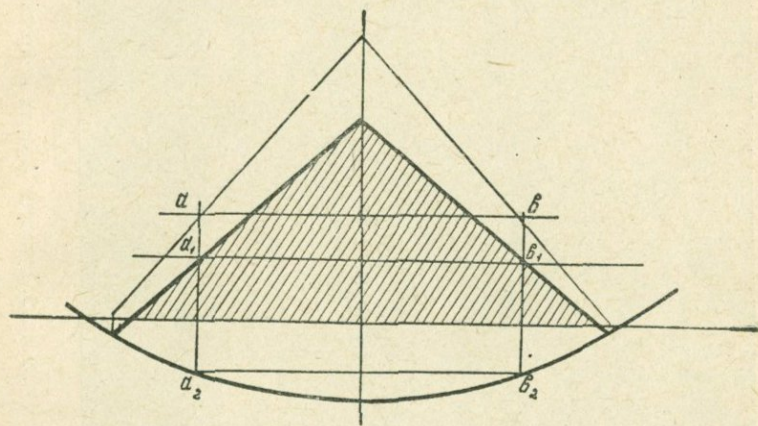


Рис. 16. Схема опускания лавового массива при оседании осадочного основания.

1) первоначальный конический массив, сохраняя непрерывность будет переходить в деформированный, в котором будет образовываться ряд внутренних нарушений в виде трещин,

2) процесс частично может протекать прерывно, причем будут образовываться сбросы по цилиндрическим поверхностям. При этом поверхность конуса в местах сбросов получит ступенчатый вид (рис. 17).

В реальных условиях процесс протекает одновременно по



Фото 2. Вулканы Арарат и Арагац.

этим двум схемам, а именно с кольцевыми сбросами и непрерывными участками между ними.

В связи с изложенным нужно признать, что нельзя говорить о трещиноватости лав вообще: трещиноватость относительно больше в частях близких к центру вулкана, и уменьшается к периферии.

Отсюда понятно, почему в створе плотины Ахурянского водохранилища (Армения) базальты, отложившиеся вблизи контурной линии вулканической депрессии, где практически нет депрессии, отличаются заметно слабой трещиноватостью.

Несколько иная картина получится, если на теле главного вулкана эксцентрично появится новый вулкан. Последний, в свою очередь, вызовет соответствующее дополнительное опускание основания под его кратером. На схеме (рис. 18) прове-

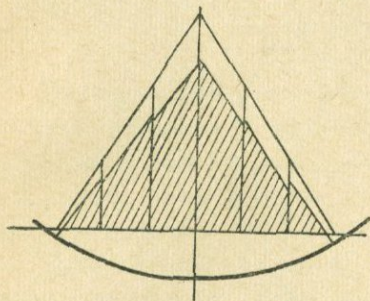


Рис. 17. Схема опускания лавового массива уступами при оседании осадочного основания.

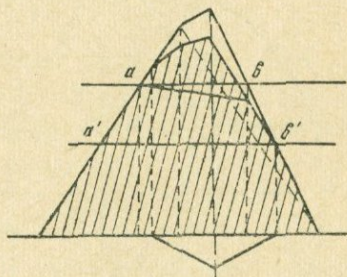


Рис. 18. Схема опускания лавового массива при появлении нового эксцентрично расположенного вулкана.

дены пунктирные линии, показывающие границы оседаний в лавовом массиве и вид самого массива, получившего частичное дополнительное опускание.

Проведя на какой-либо высоте горизонталь  $ab$  для недеформированного массива (тонкая линия на схеме), мы на представленной схеме можем легко проследить, что при деформации левая часть этой горизонтали, лежащая вне зоны деформации, сохранит свое прежнее положение, а правая часть, входящая на зону деформации, опустится.

В связи с этим, длина первоначальной горизонтали увеличится.

Такое явление неизбежно должно сопровождаться разрывом горизонтали.

Та же схема показывает, что ниже линии  $a'b'$  на поверхности горного массива мы не заметим изменений; она останется в первоначальном виде.

Разрывы горизонталей, о которых мы говорили выше, дадут на поверхности массива трещины в виде глубоких радиальных оврагов, распространяющихся до уровня  $a'b'$ .

Надо отметить еще и то обстоятельство, что как видно из схемы, цилиндрическая поверхность оседания, ограниченная на схеме двумя пунктирными вертикалями, исходящими из  $a$  и  $b$ , справа имеет меньшую поверхность трения при сбросе, чем сле-

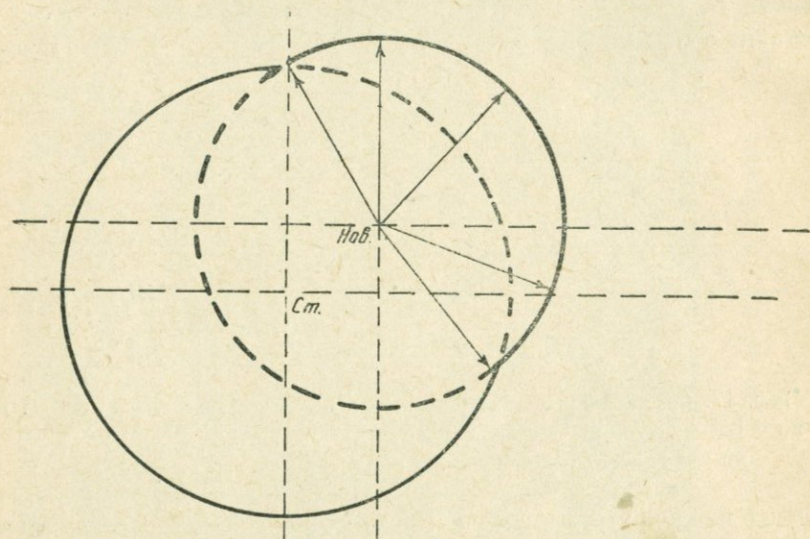


Рис. 19. Схема образования радиальных оврагов при появлении нового вулкана.

ва. В связи с этим, скорость опускания слева будет меньше, чем справа. Иначе говоря, левая часть будет отставать, задерживаться при опускании, что в свою очередь также способствует появлению справа радиальных трещин на поверхности массива.

Левая часть массива в конечном счете покрывается системой трещин, и там произойдет «вспушение» каменно-глыбового материала массива.

Таким образом, при эксцентричном расположении нового вулкана на стороне обращенной в сторону старого вулкана, в глубине массива надо ожидать наличия трещин и пустот, а на противоположной стороне, на поверхности нового вулкана надо ожидать появления глубоких радиальных оврагов по линиям трещин.

На плане (рис. 19) эти глубокие овраги, показанные на схеме стрелками, будут иметь распространение до круговой горизонтали  $a' b'$  в пределах второго вулкана (часть охваченная стрелками).

Эти глубокие трещины должны образоваться не тогда, когда излилась лава паразитического вулкана, а позже, после развития вызванной им вулканической депрессии.

### Периферические впадины

Размер вулканической депрессии после установления равновесия определяется двумя факторами, именно: прогибом земной коры от нагрузки, каковой является вес изверженной лавы, и изъятием из-под земной коры продуктов извержения в виде лавы и газов.

Поэтому прогиб участка, ограниченного контурной линией депрессии, должен образовать на поверхности земли, если ее представить горизонтальной плоскостью, впадину объемом превышающим объем изверженной лавы.

Контурной линией будем называть опоясывающую вулкан линию расположения максимальных отрицательных изгибающих моментов. Эта линия расположена на расстоянии  $\frac{7}{8} L$  от центра вулкана, и около нее могут располагаться трещины раскрытия. Это говорит за то, что если даже распластать изверженную массу по депрессионному участку, то все же не восстановить отметок долавого рельефа, еще останутся участки со впадинами. Последние на периферии оказываются еще большими в связи с тем, что изверженная масса фактически ложится весьма неравномерно, образуя значительную гору над центром вулкана. В результате на периферии депрессионного участка, иначе говоря, в низине и предгорьях образуются большие понижения.

Реальная глубина их еще более увеличивается в связи с образованием за контурной линией волнового поднятия. В итоге в вулканической области образуются значительные широкие долины. Эти пониженные участки являются удобными местами для скопления затеков более поздних лав и для отложения наносов (рис. 20).

Поэтому, если на данном секторе периферии количество излившейся лавы было недостаточно для заполнения или переполнения площади сектора, то на отдельных участках этого сектора и вне его, вокруг лавового конуса, будем иметь пониженные места, обычно занятые озерами, болотами, или просто низину.

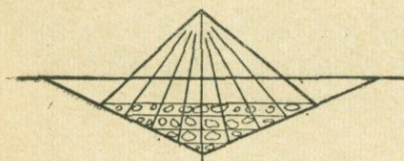


Рис. 20. Впадины вокруг лавового массива.

Нет сомнения, что долаво-  
вый рельеф не представлял  
какой-то ровной плоскости, поэтому излившаяся лава, не образуя правильного конуса, дает к периферии затеки разной мощности и продвижения. В связи с этим, и сама полоса вокруг подножья вулкана приобретает неправильную форму, отражая с одной стороны условия, создаваемые долаво-  
вым рельефом, а с другой—условия ее оседания.

Обычно депрессивные озера и болота имеют сток. Питание их возможно как с внешнего бассейна, так и, главным образом, со стороны массива самого вулкана.

Вода поступает сюда поверхностным и подземным путем. В последнем случае образуются родники, которые, будучи самыми низкими по отметкам, являются результатом инфильтрации сквозь вулканический массив значительной части атмосферной воды. По этой причине эти родники обильны, и их дебит иногда достигает до двадцати кубометров в секунду.

Если у подножья вулкана протекала река, то депрессия, создаваемая вулканом, вносит существенное изменение как в плановое расположение долины реки, так и в ее продольный профиль, на котором обнаруживается резкое уменьшение уклона в связи с проседанием территории.

АРАРАТСКАЯ КОТЛОВИНА В УСЛОВИЯХ  
ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕПРЕССИИ

## Территория и границы вулканической депрессии

В настоящей главе рассмотрим как изложенные выше факторы тектоники преломляются в пределах Араратской котловины, какие реальные формы принимают они здесь.

Отметим с самого начала, что под наименованием Араратской котловины понимается широкая часть долины р. Аракс между горами Арагац и Арарат. За пределами этой части долина Аракса несколько суживается и носит уж общее наименование Араксинской долины.

Первое, на что обращаешь внимание, приступая к изучению Араратской котловины,— это значительная ширина долины, доходящая до 30 и более километров, а также широкие полосы низких предгорий.

Каким-то странным может показаться такой рельеф. И действительно, стоит выйти за пределы лавовых гигантов Арарата и Арагаца как долина резко суживается, как осадочные горы начинают прижиматься к реке, а несколько ниже, между Нахичеванью и Джульфой, осадочный рельеф так стесняет реку, что последняя протекает уже в глубоких, в несколько сот метров, конькообразных ущельях.

Такая же картина открывается, если идти от Араратской котловины вверх по реке; здесь долина также начинает суживаться, а когда кончаются лавы, река вновь оказывается в ущелье, прорезывающем осадочные породы.

Казалось бы, что узкие ущелья в долаво-вых осадочных по-

родах должны были быть затоплены громадным количеством извержений Арарата и Арагаца. В этих условиях реке пришлось бы с большим трудом создавать себе русло в лавовых нагромождениях, образуя целую вереницу больших и малых водопадов.

Между тем, фактически мы встречаем здесь как раз обратное явление.

Несмотря на действительно громадное количество изверженной массы, Араратская долина чрезвычайно широка, а реки имеют слабые уклоны.

На этом участке образование широких долин подчинялось законам, которые были приведены выше, и обуславливалось вулканической деятельностью.

Глубоко, на несколько сот и даже тысяч метров, садятся основания вулканов, причем садятся, захватывая довольно широкую площадь диаметром в десятки километров. В этих понижениях погибают, тонут холмы и даже горы осадочного рельефа, образуются впадины, в которых размещается после просадки значительная часть и лавовых извержений.

Нельзя недооценивать громадного революционного воздействия на долавоый рельеф вулканов, особенно таких гигантов, как Арарат и Арагац.

Этого обстоятельства до сих пор не учитывали, предполагали, что, во всяком случае, четвертичный долавоый рельеф полностью сохранил свои формы, свои отметки и лишь покрылся слоем лавы.

Выше мы дали для элементарных условий картину прогиба земной коры; указали, где именно возникают максимальные срезающие усилия, могущие дать сбросы; где располагаются максимальные отрицательные изгибающие моменты, могущие дать трещины.

Выше мы показали, что при конической нагрузке места максимальных перерезывающих сил и изгибающих моментов меняются сравнительно с местами, определенными при действии одной сосредоточенной силы.

Ясно, что картина расположения волн разных вулканов, хотя и подчиняется одному общему закону, все же учет условий, определяющих расчетную длину волны для каждого из вулканов — задача неохватываемая, невозможная.

Поэтому надлежит подойти к вопросу определения длины волны не на основании формул, а подбором волны для каждого вулкана в отдельности и путем подробного изучения местных особенностей, указывающих на размещение волн и трещинных раскрытий.

Как указывалось выше, линия, находящаяся на расстоянии  $\frac{7}{8}L$  от центра вулкана, соответствует полосе максимальных отрицательных изгибающих моментов, могущих давать трещины. Внутри этой полосы размещаются впадины, занятые болотами, озерами и низинами, а вне этой полосы располагаются поднятия. По этим признакам можно наметить контурные линии депрессии.

Для массива горы Арагац эти границы располагаются довольно отчетливо по линиям рек Ахурян, Занга, Чичхан. В тех случаях, когда контурная линия проходит по лавовым породам, река неизменно располагается в каньоне.

Рассмотрим сначала вопрос расположения в плане депрессионного участка под вулканом Арагац.

На генеральной карте даны контурные линии для Арарата, Арагаца, Аралера (Карниарыха).

Начнем с Арагаца. Здесь контурная линия проходит вокруг вершины основного древнего вулкана (а не современной вершины) по окружности радиуса около 45 км и охватывает трещины-каньоны р. Ахурян с одной стороны и р. Занга — с другой. С севера контурная линия проходит через глубокую щель, по которой течет речка Чичхан.

Каньон р. Занга почти совпадает также с контурной линией Гегамских (Ахманганских) вулканов.

Эти каньоны и глубокие овраги имеют исключительно трещинное происхождение (трещинные раскрытия, разрывы), а плановое расположение их по отношению к вулкану Арагац явно говорит о причине, создавшей эти трещинные раскрытия.

Если контурная линия проходит по скальным грунтам, на месте трещины имеем каньоны, если же по нескальным — открытое ущелье со сравнительно пологими откосами. Ввиду упругости пород, здесь будут отсутствовать следы от трещинных раскрытий.

Как было сказано выше, не надо думать, что глубокие каньоны, расположенные вдоль контурной линии представляю

результат только трещинного раскрытия. Трещина лишь фиксирует расположение реки в плане; дальнейшая разработка русла, образование каньонов в скальных грунтах, а в нескальных— глубоких ущелий с широким раскрытием,— это дело речной эрозии, являющейся мощным фактором, способным вызвать значительный эффект за сравнительно короткий срок.

Контурная линия Арагаца, начинаясь на р. Ахурян, несколько выше впадения Дигор-чая, направляется вверх по реке, образует каньонобразную трещину с почти отвесными берегами, а от Агина до Лениакана русло реки, вблизи которого проходит эта линия, пролегает в глубоком, но открытом ущелье и, прерываясь на участке между Лениаканом и Акбулагом, она вновь вступает в глубокий овраг р. Чичхан и идет до Спитака, после чего по хребтам проходит близ вершины Маймех, идет по высоким, но сравнительно спокойным в пределах нашей линии хребтам Цахкунянц (Мисханы), через вершины Чингилдага и Сепасара (Шиштапы) и входит в каньон р. Занги у Бжни-Арзакана, проходит через населенные пункты Гюмуш, Арзни, Птгни, Канакер, Ереван и через обрывы Джафарабада, входит в альювий Аракса. Затем проходит по линии, весьма близкой к линии Селава-Мастары и Абдулдарасы и, наконец, подходит к исходному пункту на р. Ахурян.

За пределами этой контурной линии концентрично, на расстоянии  $L$ , считая от центра вулкана, проходит гребень первой основной волны, каковым определяется осевая линия поднятия, образуемого волной.

Обычно вулканическая депрессия сильно меняет продольный профиль реки, делает его слабоуклонным. Это можно заметить на всех реках: на Ахуряне, Занге и, в особенности, на Араксе.

На продольном профиле р. Ахурян (рис. 34) показан участок реки, охваченный линией  $\frac{7}{8} L$ . На этом участке уклон реки небольшой, но ниже этой линии река прорезает себе ущелье в связи с понижением русла р. Аракс.

На продольном профиле р. Занга также имеется участок, охватываемый трещиной и контурной линией.

Подобно продольному профилю р. Ахурян, продольный

профиль Занги на этом участке резко отличен как от верхнего участка реки, так и от нижнего, долинного.

Характерно, что трещина здесь идет по контурной линии и кончается у сел. Бжни, т. е. там, где река переходит из каньона на контакт базальтов с древними породами.

Иначе говоря, трещина не отходит в сторону от контурной линии.

Как видно из карты, контурная линия Арагаца охватывает значительные пространства, сложенные осадочными породами.

Можно отметить еще то обстоятельство, что при относительно спокойном рельефе местности, реки и речки, имеющие в верховьях разветвленную систему притоков, пересекают гребень волны лишь основным своим руслом и их направление совпадает по преимуществу с радиальным.

Наметив контурный круг, соответствующий полосе максимальных отрицательных напряжений, мы устанавливаем тем самым и место кратера старого вулкана г. Арагац. Он находится на участке, который до сих пор не привлекал нашего внимания; в настоящее время это значительное вершинное плато на склоне осевшего вулкана.

Современная вершина горы Арагац является новой вершиной большого паразитического вулкана, залившего своими лавами кратер старого.

Горизонталы, проходящие по склонам массива Арагац (старого вулкана), вполне концентричны контурной линии и имеют общий с ней центр. На рис. 25 показаны концентрические круги по осредненным горизонталям, наглядно подтверждающие сказанное. В последнем обстоятельстве можно видеть дополнительное указание на наличие старого осевшего вулкана.

Помимо этого, южный и западный склоны горы изрезаны глубокими безводными оврагами. Направлены эти овраги не к вершине современного Арагаца, а к его древней вершине, в то время как восточная и северо-восточная стороны, как и следовало ожидать, изрезаны оврагами, направленными к современной вершине.

Вулканический массив Арагаца окружен несколькими вулканами: Арарат, Алуджа, Гукасян, Гепамский хребет и др.

Эти вулканы нами на данном этапе изучены в недостаточной степени, но все же отметим, что по вулканическим группам

Алуджа, Гегамского и Севанского хребтов мы имеем кольцевое и дуговое расположения вулканов без какого-либо центрального вулкана.

Если обратиться к законам прогиба упругих плит, то нужно отметить, что при расположении вулканов в зоне депрессии по кругу без центрального вулкана, прогиб земной коры должен быть идентичен прогибу от центрального вулкана. Следовательно, все соображения о просадках, вызываемых наличием центральных вулканов, могут быть применены и к упомянутым двум круговым очагам вулканов.

Река Карсчай до и после города Карса протекает по плоскогорью и имеет характер равнинной реки, но в пределах г. Карс она входит в глубокую трещину с весьма крутыми бортами. Нам представляется, что контурная линия Алуджинской группы должна пройти именно по этой трещине, обязанной своим происхождением группе концентрических вулканов.

Это положение можно подтвердить и тем, что вне этой контурной линии, как уже известно, располагается полоса поднятия. Поэтому река не могла течь по гребню и должна была сползти с него. И действительно, до и после Карсского ущелья река отходит от контурной линии, огибая ее почти полным полукругом.

Отметим, что на полосе поднятия вулканов группы Алуджа попадают и Бабурлинские известняки, покрытые озерными отложениями.

Вблизи и внутри контурной линии располагаются, как и следовало ожидать, низкие участки с болотами и озерами: Кулитель, Харалигель, Такет-гель, Мустафа, Чамургель, Мешк, Турнагель, Кемерли.

Контурную линию для Гукасянской группы можно провести через ущелье Куры. Внутри этой линии размещаются крупные озера: Чалдыр, Хозапни, Арпалич и др. и болота Базырхана, Чаиргель и много других. Большие размеры их говорят за то, что озера эти далеко отстоят от контурной линии.

Контурная линия г. Аралер проходит близ оврага на гребне Арагаца (у вершины последнего), по ущелью реки Мисханы, далее близ Канакер и Птгни. Она включает в себе Чамурлинские низины на р. Касах.

Контурная линия Арарата включает: низкие участки Ара-

ратской долины, расположенные вдоль р. Аракс, Баязетские (Турция) болота, длинной полосой окаймляющие Арарат, группу больших озер и болот Акгель, истоки двух рек Карасу, Игдырские болота с озером Ханагова, оз. Борулан и др.

Мы разобрали все ближайшие к Арагацу вулканические очаги и их контурные линии, — линии максимальных отрицательных изгибающих моментов, где образуются в скальных породах трещины раскрытия.

Надо указать еще на одно существенное обстоятельство, — что трещины раскрытия могут появляться лишь при достаточном развитии отрицательных моментов: небольшие по величине отрицательные изгибающие моменты не способны вызвать трещины. Значит, лишь тогда они могут появиться, когда прогибы получили уже достаточное развитие в глубину.

В связи с этим понятно, почему эти трещины охватывают материал всех эффузий; эти трещины появились лишь в последнюю очередь, в конце вулканической деятельности.

Это существенное обстоятельство характеризует постепенный рост прогиба как длительный процесс.

Мы не рассмотрели еще одной трещины — трещины р. Касах. Она, как можно видеть из схемы, располагается не на круговой линии отрицательных моментов.

Все трещины, которые до сих пор рассматривались, были трещинами, вызванными просадкой одного вулкана.

В Касахской трещине имеем несколько отличный случай. Г. Аралер располагается внутри круга действия Арагаца и имеет значительные размеры.

Схема прогибов обоих вулканов может быть представлена следующим образом (рис. 22).

Суммарный прогиб с характерным изломом в обе или даже в одну сторону с выпуклостью кверху может вызвать трещину по каньону р. Касах и, как показывает плановое расположение, трещина должна быть наибольшей по размерам на линии, соединяющей вулканические вершины, и должна погашаться к периферии. И действительно, глубина каньона между Сагмосаваном и Амамлы — 120 м, а у Аштарака — 50 м. Расчетное расположение трещины в плане также соответствует действительному ее расположению; согласно теории упругих плит линия отрицательных моментов должна быть перпендикулярна к ли-

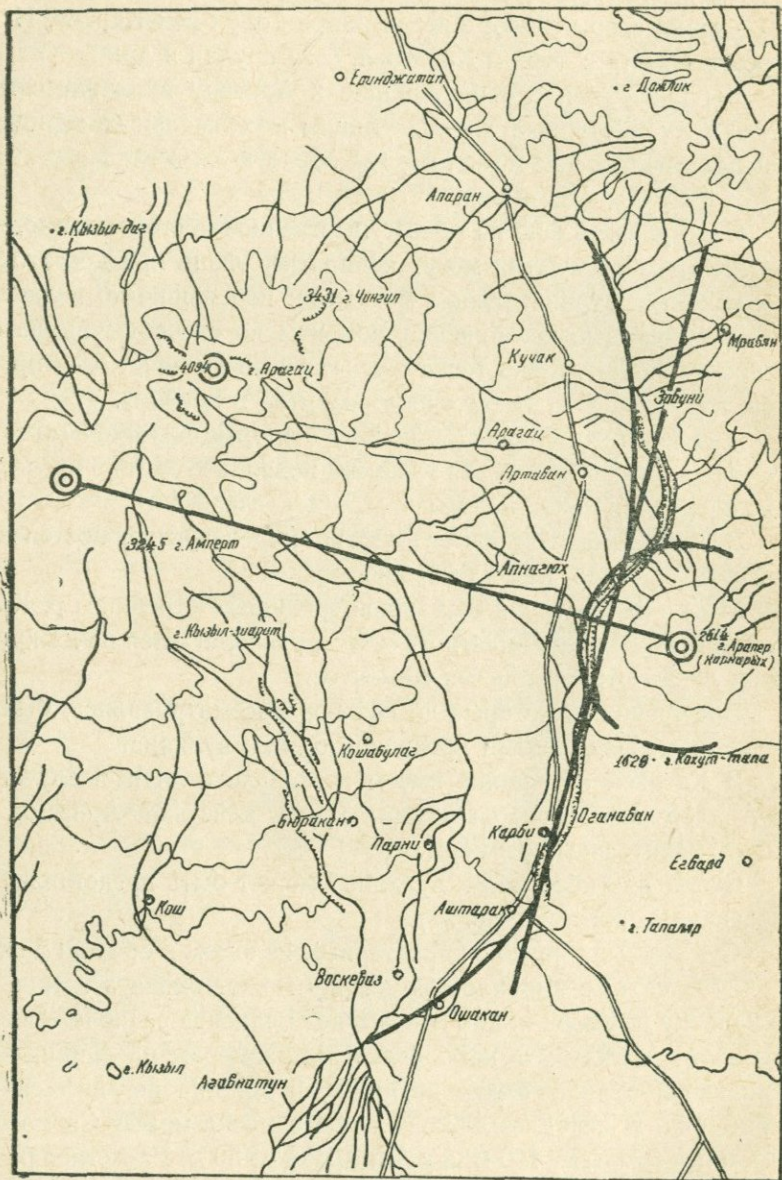


Рис. 21. Плановое расположение р. Касах в зависимости от депрессий р. Арагата и Аралера.

нии центров вулканов — и действительно, в плане р. Касах перпендикулярна линии, соединяющей центры вулканов (рис. 22).

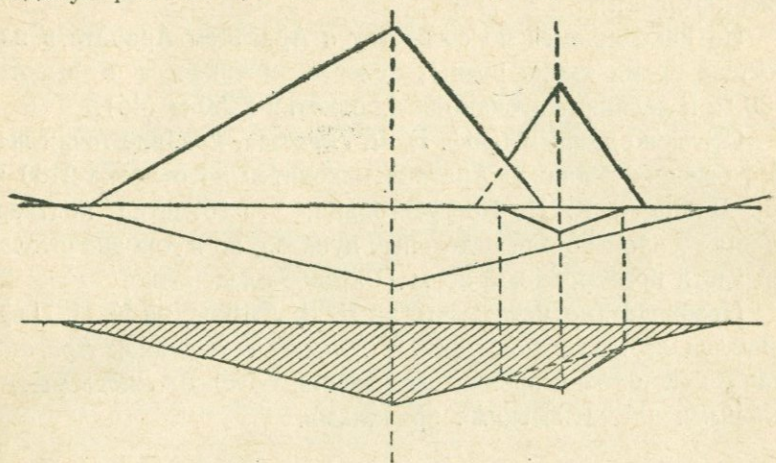


Рис. 22. Схема прогибов горных массивов Арагац и Аралер.

То обстоятельство, что трещина Касаха в верхней части окружает гору Аралер, говорит за то, что активное действие имело место со стороны г. Аралер, т. е., что последние лавы г. Аралер моложе основного вулкана Арагаца.

### Соображения о размере прогиба

Перейдем к характеристике вулканической депрессии в отношении вертикального перемещения земной коры.

Указать более или менее точно величину понижения земной коры под центром вулкана при той изученности вопроса, которая имеет место в настоящее время, довольно трудно. Но нам кажется, что порядок цифр все же можно установить.

На вершине Арагаца имеются явные следы древних ледников, в то время как Армения, по имеющимся последним данным, не была задета оледенением. Кузнецов С. С., подробно изучивший значительную часть Армянского нагорья, указывает, что оно, несмотря на свою значительную абсолютную высоту и обилие высокогорных обширных площадей, нигде не имеет следов оледенения (41).

А. Ф. Штоль [24] не допускает возможности ледниковых

отложений в Сев. Иране, т. е. в ближайшем соседстве с Армянским нагорьем.

На находящемся по соседству с Арагацем Арарате в настоящее время линия вечных снегов начинается с высоты 4100 м, и ледники спускаются до отметки 2450 м (45).

Согласно данным проф. Б. Л. Личкова, крайние точки выноса бывших ледников Арагаца находятся на отметке 2100 м [25]. Данными К. Н. Паффенгольца, эта отметка подтверждается не только для отдельных пунктов, но и для значительной части привершинной зоны (Рисское оледенение).

Необходимо отметить, что ни Б. Л. Личков, ни К. Н. Паффенгольц не могли подходить к вопросу о ледниках Арагаца иначе, как с точки зрения оледенения, обусловленного региональными климатическими причинами.

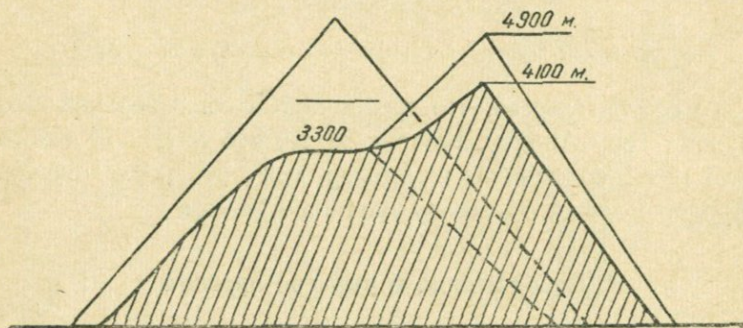


Рис. 23. Схема оседания массива горы Арагац.

На схеме (рис. 23) слева показан современный «старый» Арагац с отм. 3300 м, а справа — тоже современный с высокой вершиной с отм. 4100 м.

На современном Арарате, значит вне условий оледенения, в связи с высокими отметками, под вечным снегом находится полоса высотой около 1000 м (между отметками 5166 и 4100 м) и ледники спускаются до отметки 2450 м.

На современном Арагаце следы от прошлых ледников доходят до отметки 2100 м.

Так как климатические условия для Арагаца и Арарата одинаковы как для прошлого, так и для настоящего времени, то можем считать, что в прошлом, до вулканической депрессии, Арагац имел более высокие отметки и подобно Арарату имел

полосу вечных снегов, а ледники его спускались до отметки 2450 м, как то имеет место в настоящем на Арарате. Эта отметка ныне после вулканической депрессии Арагаца стала 2100 м, т. е. опустилась на 350 м.

Высота полосы вечного снега может быть принята по аналогии с современным Араратом равной около 800 м. Тогда отметка Арагаца, которая была до вулканической депрессии, будет  $4100 + 800 = 4900$  м, а старого Арагаца, перенесшего вторую вулканическую депрессию от молодого Арагаца, можно принять условно  $3300 + 2 \cdot 800 = 4900$ . Таким образом, порядок цифр, характеризующих понижение старого Арагаца, нужно считать в 1600 м от двух депрессий.

Отметим, что нами проведено сравнение с современным Араратом, а не с древним. Очевидно, древний Арарат имел более высокие отметки и более широкую полосу вечного снега.

Итак, порядок величины опускания вершины Арагаца должен быть около 1,5 км; на периферии вулканического массива это понижение доходит до нуля.

По линии р. Аракс, в сечении, определяемом линией, соединяющей вершины Арарата и Арагаца, это понижение, по нашим исчислениям, определяется приблизительно в 300 м.

Такое понижение нужно приписать депрессии Арарата и, в особенности, тех паразитических вулканов, которые под наименованием трещинных излияний и Кизылов располагаются вдоль р. Аракс, у подошвы г. Арагац, на сравнительно близком расстоянии от реки.

На массиве Арагаца имеется немало отдельных небольших вулканов.

Ввиду незначительности размеров прогибов этих вулканов и значительной мощности земной коры, явление упругого прогиба может и не наблюдаться, а могут иметь место лишь местные обрушения.

На генеральной карте показаны отмеченные выше контурные круги для каждого вулканического очага.

Мы видим, как эти круги лишь частично перекрывают друг друга. Что же касается до полос поднятий, окружающих контурные линии, то таковые почти всегда перекрывают друг друга.

## Радиальные трещины Арагаца

Выше мы указали на причины возникновения радиальных трещин на вулканическом массиве.

В условиях г. Арагац и, в основном, в условиях, имевших место после последнего извержения из современного вулкана, мы имеем все факторы, которые должны были дать радиальные трещины на северо-восточной половине массива.

Ниже приводим (рис. 25) расположение горизонталей привершинной части Арагацкого массива, из которого видно, как горизонтали основного древнего вулкана «перекрываются» таковыми вулкана более позднего происхождения.

Не будем вновь приводить причин образования радиальных трещин, они были изложены выше. Укажем лишь на одно обстоятельство, усиливающее процесс этого образования и являющееся характерным для Арагаца. Продукты извержения, излившиеся из вулкана Арагац как древнего, так и нового, расположены в плане внецентренно (рис. 24); лавы в соответствии с древним долавым рельефом имели более значительное распространение на запад и юго-запад, чем на северо-восток и восток.

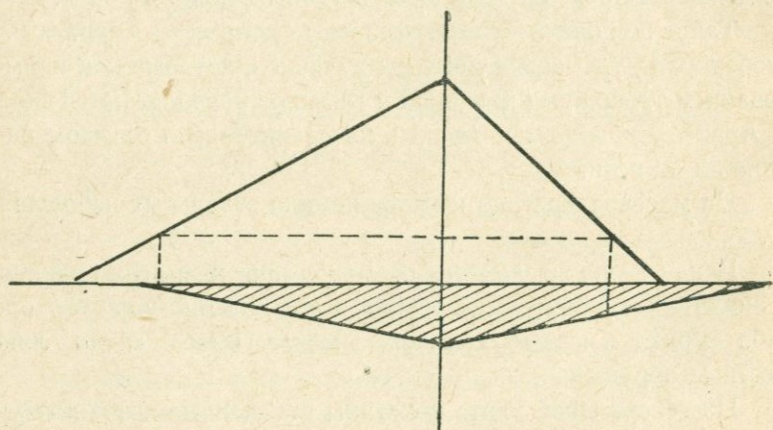


Рис. 24. Внецентренное оседание нового вулкана.

В связи с этим обстоятельством горизонталь, окаймляющая подошву горы при оседании изверженной массы, со стороны восточной и северо-восточной опускается значительно больше, чем таковая с противоположной стороны, где она, надо

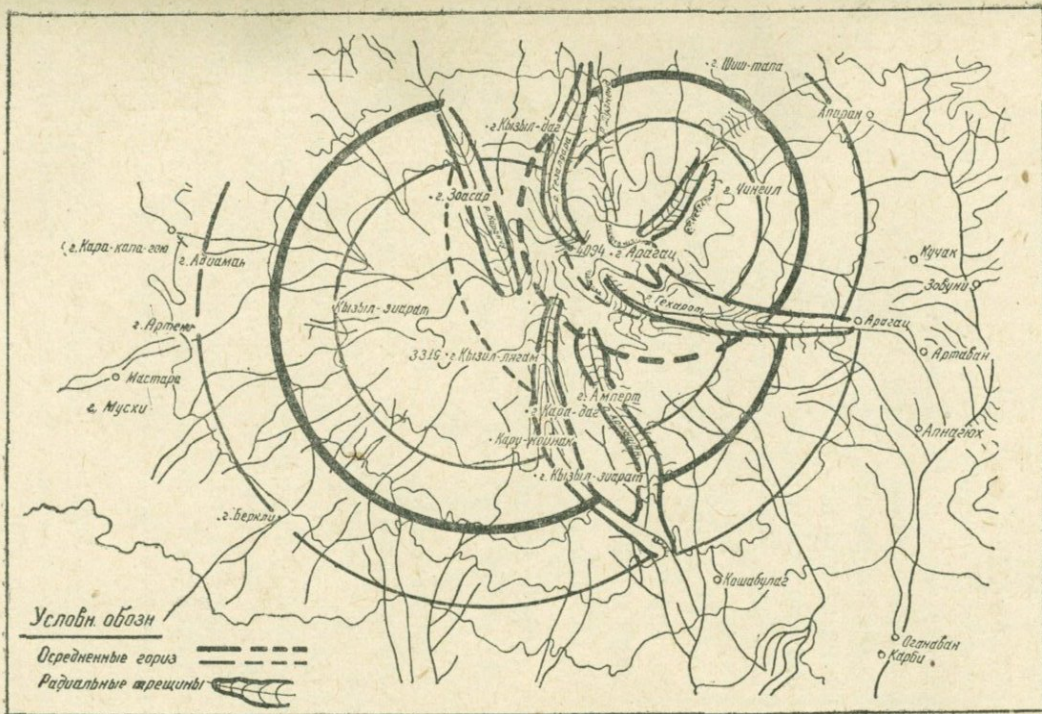


Рис. 25. Радиальные трещины Арагаца.

полагать, находясь близ контурной линии, почти вовсе не опускается.

Это обстоятельство увеличивает силы, дающие тангенциальные напряжения и соответственно радиальные трещины.

Основными радиальными трещинами на Арагаце являются трещины Амперта, Архашана, Гехарота, Гехадзора, (Гезалдары), Манташа (рис. 25).

Как можно видеть на плане, этих трещин нет там, где горизонталь «входит» в массив основного конуса, где сопротивление скалыванию увеличивается. Поэтому на стороне, обращенной к основному массиву, радиальных трещин нет, они имеются лишь на противоположной стороне.

Интересно отметить, что такую же картину можно видеть и на М. Арарате, хотя последний непосредственно и не прислонен к массиву Б. Арарата, носит более самостоятельный характер, — склон М. Арарата, обращенный к массиву Б. Арарата, не имеет тех крупных оврагов, каковыми характеризуется противоположный склон.

### Паразитические вулканы Арагаца

На массиве Арагаца имеется немало небольших паразитических вулканов, в общем расположенных концентрически с контурной линией, а следовательно, имеющих в центре вершину основного вулкана.

Смотря на расположение этих вулканов в плане, на правильные круги, охватывающие основные, наиболее крупные вулканические точки (рис. 26), невольно приходит в голову мысль о какой-то закономерности в их появлении. Навряд ли, думается, эти вулканические точки и гнезда появились в разное время взрброд, то наверху, то внизу у подошвы горы.

Нам представляется, что между размещением вулканов в плане и временем их появления имеется определенная закономерность.

Энергия, выделившаяся при просадке горного массива Арагац, как и других лавовых массивов, при больших опусканиях, доходящих до 1000 и более метров, имело огромную величину, которая не могла бесследно рассеяться.

При этом необходимо учесть, что при опускании земной коры вместе с изверженной вулканической массой, переход ки-



нетической энергии в потенциальную и повышение потенциальной энергии на определенном участке происходит не у поверхности земли, а там, где земная кора при своем оседании встречает противодействие, т. е. в пластической среде магмы. Земная кора при оседании преодолевает уменьшившееся в связи с извержением сопротивление магмы и, передавая ей потенциальную энергию, восстанавливает тем самым потерянное магмой напряжение.

Такое положение способно вновь нарушить подвижное равновесие магмы и быть причиной появления паразитических вулканов.

При этом места появления вулканов должны быть приурочены, с одной стороны, к наиболее слабым, податливым местам земной коры, и с другой стороны, к участкам магмы, находящимся в наиболее напряженном состоянии.

Так как наибольшие касательные напряжения в пределах оседающей коры, могущие вызвать сбросы, возникают внутри контурного круга, то именно внутри этого круга и должны появляться указанные выше небольшие вулканы.

Здесь уместно отметить, что возрастающее напряжение магмы может скорее привести к образованию паразитического вулкана, чем вызвать поднятие земной коры. Это происходит, во-первых, потому, что увеличение напряжения магмы вызывается именно оседанием земной коры, и, во-вторых, потому, что для поднятия земной коры требуется сила, значительно большая, чем та, которая появляется в связи с опусканием земной коры.

На основании этого можно утверждать, что в общем напряжения в магме не могут подняться выше первоначального, хотя в условиях неравномерного оседания земной коры на отдельных участках возможно ожидать значительных напряжений в магме.

Известно, что сопротивление упругой массы возрастает пропорционально оседанию коры. Это значит, что эпюра прогиба коры может быть принята в соответствующем масштабе за график изменения сопротивления магмы, а следовательно, за график падения напряжения в ней.

Проследим, какие условия создаются в дальнейшем, после появления большого паразитического вулкана.

Ниже дана схема (рис. 27) оседания основного вулкана; в период появления нового вулкана; эта же схема, как было указано выше, может быть принята за схему повышения дефицита давления в условиях нарушенного напряженного состояния магмы.

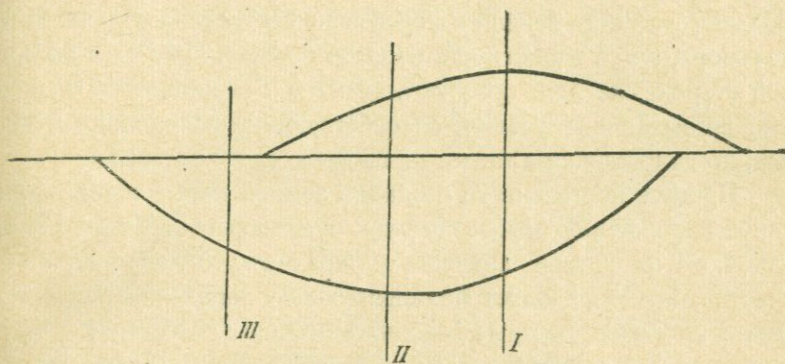


Рис. 27. Схема дефицита давления при появлении паразитического вулкана.

Появление нового паразитического вулкана, с одной стороны, ослабляет вокруг последнего напряженное состояние магмы, с другой, — ускоряет там же процесс прогиба земной коры в связи с уменьшением здесь сопротивления магмы.

Накладывая эти две части графика друг на друга, мы получаем картину изменения напряжения в магме.

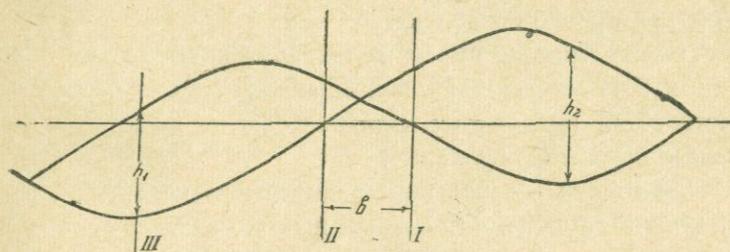


Рис. 28. Схема распределения срезающих сил при появлении паразитического вулкана.

Из схемы ясно, что правая часть получит большой дефицит в напряжении, чем левая часть.

Что же касается до срезающих сил (рис. 28), то для них может получиться обратная картина, а именно, в правой части

срезающие усилия могут получиться повышенными, а между двумя вулканами, на участке b, — сильное их уменьшение.

В этом случае наиболее вероятным местом появления нового вулкана будет уже сечение III на противоположной стороне основного вулкана, так как здесь и напряжение магмы больше (дефицит меньше) и срезающие усилия велики. Иначе говоря, здесь вероятность сбросов больше. При этом на правой стороне, на дальних участках хотя и возникают повышенные срезающие усилия, способствующие появлению вулканов, но напряжения в магме здесь ниже (дефицит больше).

Процесс постепенного оседания земной коры, являясь причиной зарождения паразитических вулканов попеременно то на одной, то на другой половине вулканического депрессионного участка, предопределяет балансирующее появление паразитических вулканов, которые располагаются по расходящимся кругам в строгой последовательности в отношении времени их зарождения. Чем больше радиус круга, на котором располагается данный паразитический вулкан, тем, следовательно, позже он появился. При этом, как показывают наблюдения, и центральный вулкан имеет возможность временами возобновлять свою деятельность.

Не трудно подметить еще одну особенность: именно то, что на кругах большего радиуса вулканический процесс охватывает значительно большие пространства, но эруптивная сила соответственно ослаблена.

Так, на Арагаце имеем на больших кругах лишь трещинные и шлаковые излияния, покрывающие однако значительные пространства (трещинные излияния обычно имеют также отдельные небольшие вулканы).

Переходя к все большим радиусам расположения вулканов, которые будут иметь все меньшую и меньшую силу, мы логически должны прийти к заключению, что за трещинными излияниями должны следовать экструзии, а затем интрузии даек.

И, действительно, на Арагаце отмечаем это явление в полной мере; то же на Гегамском хребте и Алудже (31—32).

Приведем факты, подтверждающие изложенное. Продвигаясь от периферии к центру, отмечаем, что периферическая полоса, прилегающая к контурной линии, в основном, с внутренней стороны, характеризуется экструзиями, наличием даек. Все

липаритовые конуса располагаются исключительно на крайней периферии: г. Б. Арteni (Б. Богутлу) [9], г. Кизылдаг в 2—3-х км юго-восточнее села Дзорашен (Крых) [25], дайки у Исаакяна (Казерабада) (29) и Нурнуса (30), липаритовый конус к юго-востоку от с. Гюмуш (32), тоже с отм. 750,5 с. у Арзни (32), значительный липаритовый конус Вардаблур (Джангитапа) на северо-восточном склоне Арагаца.

Переходя к кругу меньшего радиуса, встречаем конуса, извергавшие первоначально андезито-базальтовую лаву, а под конец перешедшие на экструзию липаритов: М. Арteni (М. Богутлу), г. Беркли (25). Далее по кругу меньшего радиуса следуют трещинные излияния и шлаковые выбросы как из отдельных каналов, так и самостоятельных очагов (25), а внутри этого круга отдельные или групповые вулканические очаги значительной эксплозионной силы и среди них современный Арагац, как гигантский паразитический вулкан.

Таким образом, в свете изложенного структурные и минералогические особенности изверженной магмы меняются в зависимости от места их извержения, т. е. удаления от центра вулкана. Они являются функцией различных условий, создающихся на разных участках вулканической депрессии, и зависят от фазы затухания вулкана.

В этом свете правильны наблюдения Л. А. Варданянца, указывающего, что из центров вулканической деятельности, довольно близких друг к другу и даже находящихся почти рядом, могут извергаться совершенно различные лавы (37). С другой стороны, если на разных самостоятельных участках вулканической области излились однотипные лавы, это не может служить показателем одновременности их.

Конечно, возникновение новой вулканической деятельности паразитических вулканов не будет равномерным по всему кругу, вулканы появятся лишь на тех участках круга, где в связи с неравномерностью оседания, создаются участки с повышенными напряжениями в магме. На Арагаце имеем именно такой случай — появление паразитических вулканов на первом круге при значительной неравномерности в размерах. Современная вершина Арагаца образована вулканом, резко выделяющимся среди других вулканов, расположенных на том же круге. Если радиус круга мал, то один вулкан способен вос-

принять, очевидно, почти всю наличную кинетическую энергию.

Из изложенного вытекают два положения предлагаемого нами закона вулканического последействия.

1) При неравномерном оседании земной коры вулканическая депрессия может вызвать деятельность паразитических вулканов, нарушив тем самым временное равновесие магмы.

Паразитические вулканы по времени возникновения, минералогическому составу, структуре лав располагаются последовательно по расходящимся кругам, причем группы паразитических вулканов располагаются последовательно на противоположных сторонах основного вулкана. Эруптивная сила вулканов с переходом на круг большого радиуса падает.

2) Если вулканическая деятельность паразитического вулкана вызвана вулканической депрессией основного вулкана, то нарастающее напряжение в магме не может дойти до первоначального напряжения основного вулкана.

Расходуя кинетическую энергию, образующуюся при оседании земной коры внутри контурного круга, на действие паразитических вулканов, экструдицию и интрузию даек, основной вулкан постепенно затухает.

Особый интерес вызывает вопрос развития перерезывающих сил от появления значительного паразитического вул-

кана, каковым является современная вершина Арагаца.

По нашей схеме радиус основания основного вулкана равен  $0,8\pi$  или 2,4. Современная вершина Арагаца располагается на расстоянии 0,9, считая от центра старого вулкана.

Будем считать условно, что вулканический эффект современного вулкана равен 40% от основного вулкана, что, по-ви-

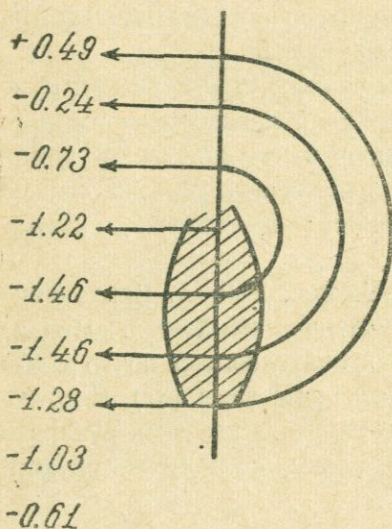


Рис. 29. Схема максимальных перерезывающих сил от появления современной вершины Арагаца.

димому, достаточно близко к действительности. Тогда для развивающихся перерезывающих сил получим следующие величины.

Таблица 6

Перерезывающие силы, развивающиеся в связи с появлением современной вершины Арагаца

Расст. от основного вулкана	Перерезывающие силы для основн. вулкана (—)	То же для совр. 400/о от основного (—)	То же со сдвижкой (от своего центра)	Сумма перер. сил (—)
0	0	0	+0,49	+0,49
0,3	0,63	0,25	+0,39	0,24
0,6	0,98	0,39	+0,25	0,73
0,9	1,22	0,49	0,0	1,22
1,2	1,21	0,48	-0,25	1,46
1,5	1,07	0,43	-0,39	1,46
1,8	0,79	0,32	-0,49	1,28
2,1	0,55	0,22	-0,48	1,03
2,4	0,18	0,07	-0,43	0,61

Таблица показывает, что на участке между двумя центрами вулканов имеет место ослабление интенсивности перерезывания, зато по той же линии в другую сторону от нового вулкана перерезывающие силы получают значительное развитие, именно на участке от 0,9 до 1,8, т. е. на расстоянии, примерно, равном расстоянию между двумя вершинами. Ширина этой полосы небольшая: это видно из схемы, с выпиской последней графы таблицы 6 (рис. 29). Значительные перерезывающие силы появляются на небольшом участке, по линии соединяющей вершины древнего и современного Арагаца. Длина этого участка равна расстоянию между обоими вершинами (0,9), располагаясь от современного Арагаца в сторону противоположную старому вулкану. За пределами этого участка перерезывающие силы быстро уменьшаются. И действительно, на массиве Арагаца имеется хребет, удовлетворяющий изложенному (рис. 30), а именно: 1) он расположен по линии, соединяющей две вершины, 2) хребет начинается от современной вершины, 3) направлен в сторону, противоположную древнему вулкану, 4) его длина равна расстоянию между двумя вершинами, 5) он охватывает сравнительно неширокую полосу.

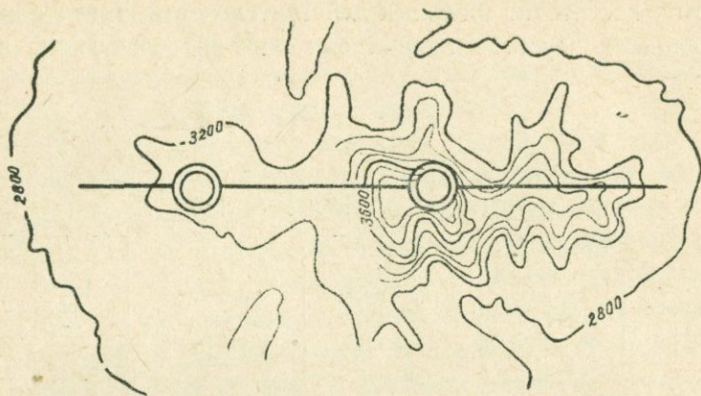


Рис. 30. Схема расположения гребневой полосы на Арагаце от развития перерезывающих сил, вызванных образованием новой вершины.

### Периферические озера. Влияние вулканической депрессии на продольные профили рек

В рассматриваемом лавовом районе, в пределах Армянской ССР, имеется несколько участков, которые были заняты озерами.

В связи с ограниченностью данных и для сокращения рамок темы, рассмотрим участки бывших озер, расположенных лишь вокруг Арагаца.

Согласно тому выводу, к которому мы пришли относительно происхождения озер и болот в лавовых районах, эти бывшие озера должны быть исключительно внутри участков вулканических депрессий, если их происхождение связано с последними. При этом, конечно, они могут быть раздроблены на отдельные озера в зависимости от условий рельефа и размещения затекших лав.

Этих озер может не быть лишь на участках, где значительные массы лавы затекли далеко от центра вулкана и перекрыли периферические впадины.

Вокруг массива Арагац имелись также периферические озера. Изысканиями и исследованиями в достаточной степени выявлены места их расположения. К ним относятся:

На северо-западном склоне Арагаца в прошлом имелось большое, так называемое Ахурянское озеро. Озерные отложения выявлены рядом скважин и геологических съемок.

Скважина в Ленинакане на глубине 30 м вошла в озерные отложения и вышла из них на глубине 135 м. Забой скважины в конгломератах на отм. 1235 м.

В сел. Айкаван (Баджоглы) озерные отложения появились на глубине 5 м и имели мощность 128 м, после чего, на глубине 145 м, скважина вошла в андезито-базальты, где и была приостановлена бурением.

В с. Азатан разведочная скважина вошла в озерные отложения на глубине 31 м и вышла из них на глубине 207 м.

Грузинское ГУ, проводившее бурение, считает, что скважина не вышла из озерных отложений.

В с. Джрапи заложены 4 разведочных скважины (из них одна наклонная); все три вертикальные скважины вначале перерезали базальты, затем озерные отложения и вошли в базальты долеритовой структуры. Такое же положение отмечается и в скважинах в сел. Джрапи-верин.

В с. Дзоракап скважина с начальной отметкой около 1760 м прошла 235 м в туфах и андезито-базальтах и была приостановлена на отм. 1525 м, не встретив озерных отложений.

Помимо этого выявлено, что озерные отложения имеются у с. Лусахпюр (Суванверды) и у с. Баграван (Бутдашен).

Кроме того имеются под лавовым покровом озерные отложения и у с. Барцрашен (Бабурли) на высоте 1700 м (9).

А. Лавров [9] указывает также и на фауну, обнаруженную им, а именно у Лусахпюр «*Dreissensia polymorpha*» а на склонах древней вершины Сепасар Lymnea pol. Müller (высота 1670 м), Н. И. Андрусов указывает на *Dreissensia polymorpha* у развалин гор. Ани на правом берегу р. Ахурян (9).

Это указывает на озерные отложения двух сроков: древние и более молодые.

Исходя из местной геологической обстановки, можно наметить следующий процесс образования здесь озера: долеритовые базальты, излившиеся на западном и юго-западном склонах Арагаца (25,14), потекли вниз и впоследствии сомк-

нулись близ р. Ахурян с долеритовыми базальтами центральной группы вулканов массива Алуджа (36). Возможно, что это послужило причиной появления Ахурянского озера (запруда у Джрапи и ниже в настоящее время имеет высоту кругло 1400 м).

Развившаяся вулканическая депрессия впоследствии несколько снизила первоначальную отметку запруды; что же касается чаши, то она снизилась еще больше, так как располагалась ближе к центру вулканической депрессии.

В дальнейшем зеркало озера постепенно повышалось от волнового поднятия, вызванного вулканами Алуджинской группы и от наличия лав периферических вулканов Алуджи у излучины р. Ахурян. Еще до возникновения последних вулканов, а также в последующем озеро имело сток в стороне от этих вулканов. Излившиеся лавы подняли уровень озера до отметки 1550 м, а озерные отложения выросли до отметки 1525 м (Ленинакан, рис. 33 и 34). Поднятие зеркала озера подтверждается наличием в стороне от р. Ахурян у Баграванской котловины перевального участка, наименьшая отметка которого в настоящее время равна 1520 м.

Вдоль волнового поднятия располагаются периферические трещинные излияния западного склона, описанные П. И. Лебедевым [25].

Нужно отметить, что волновое поднятие и трещинные излияния на участке Айреняц-Мастара хорошо между собой согласуются.

При рассмотрении проявлений сил, возникающих при образовании вулканической депрессии, мы определили, что для

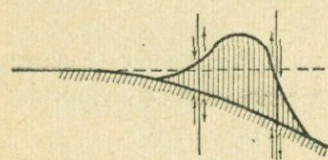


Рис. 31. Схема появления максимальных скальвающих сил на склоне Алуджа.

любой точки вулканической депрессии скальвающие силы имеют направление, указываемое нижними стрелками на схеме (рис. 31). От волнового поднятия Алуджинской группы в правом сечении возникают значительные скальвающие силы, максимум которых совпадает, примерно, с серединой склона волнового поднятия.

Из схемы ясно, что в результате максимальные скальваю-

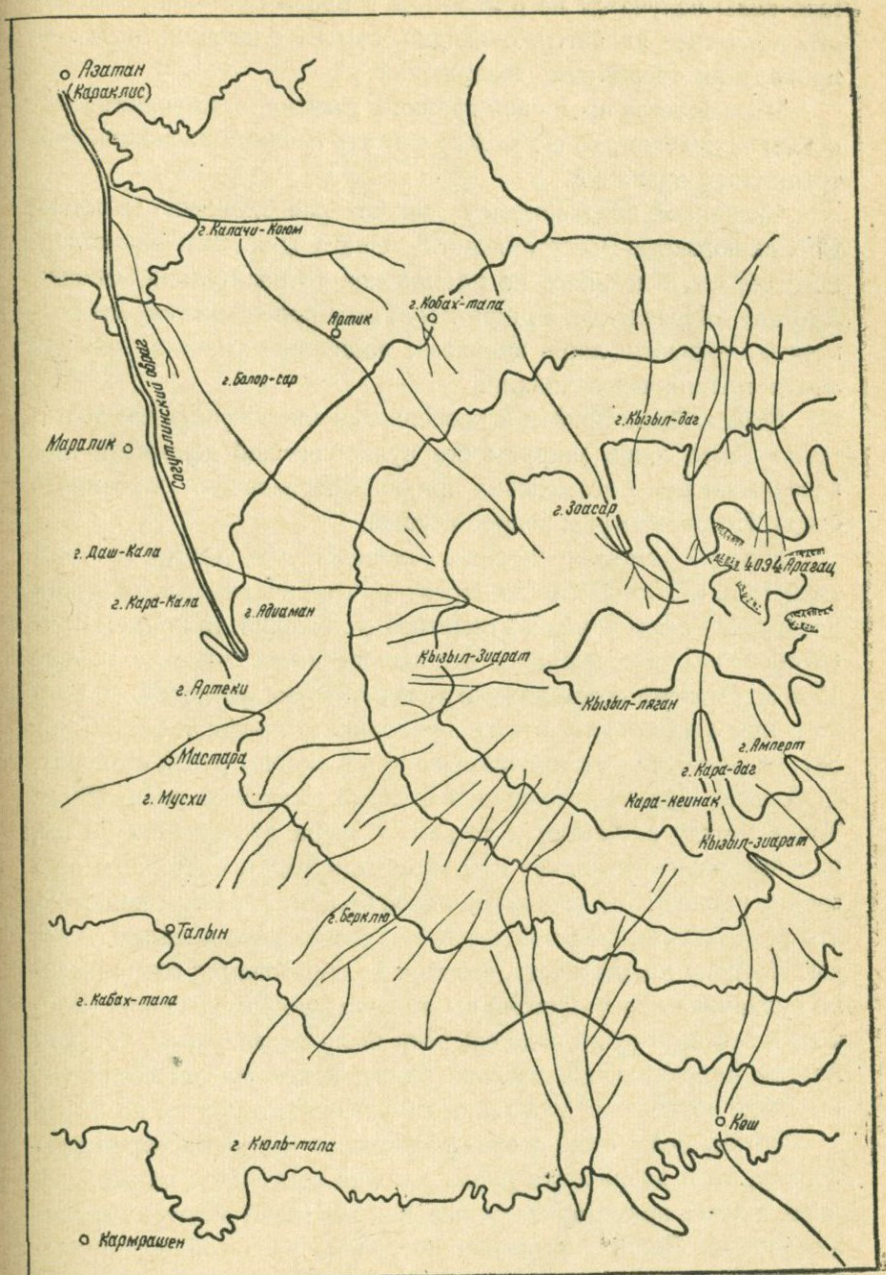


Рис. 32. Радиальные потоки лав Арагаца и Сарнахпюрский (Согутдинский) овраг.

щие силы получаются не в левом, а в правом сечении, поэтому это последнее является, очевидно, самым благоприятным для проявления трещинных извержений.

Что касается восточной границы участка, охваченного волновым поднятием, то ею можно считать границу расположения трещинных излияний.

Сказанное подтверждает также расположение в плане Сарнахпюрского (Согутлинского) оврага (рис. 32), единственного оврага, имеющего не радиальное (относительно массива Арагац) направление, а широтное. Такое положение оврага возможно объяснить лишь волновым поднятием участка при наличии трещинных излияний.

Можно было прийти к поспешному заключению, что достаточно одной лишь запруды без вулканической депрессии для исчерпывающего объяснения причины образования описанного озера. Но рассмотрим вопрос глубже.

Нижней отметкой озерных отложений у с. Азатан мы считаем 1282 м. Так как мало вероятно, что скважина попала как раз в точку с самой низкой отметкой отложений, то примем ориентировочно, что подошва отложений имеет отметку кругло 1250 м. Отметка современного устья Ахуряна около 950 м, причем, как легко заключить из продольного профиля реки (рис. 34), ее концевой участок размывается и уклоны русла становятся больше. Примем, что прежде отметка устья была равна 980 м. Тогда между с. Азатан и устьем, т. е. на протяжении 90 км, падение реки составляет 270 м, между тем в настоящее время оно равно 513 м, т. е. почти вдвое больше. Отметим при этом, что река Ахурян в настоящее время имеет весьма малые уклоны. Поэтому надо считать, что еще до образования озера именно вулканическая депрессия вызвала сильное уменьшение уклонов, и это смягчение падения реки было неизбежным, так как Азатан находится значительно ближе к центру депрессии (35 км), чем устье реки, удаленное от указанного центра на 52 км.

Затем, если сток озера происходил через Баграванскую долину, то и разработка русла должна была идти по этой долине, а вовсе не в стороне от нее, как это имеет место в настоящее время. Лишь в условиях предельно развитой вулканической депрессии могло образоваться трещинное раскрытие вдоль контурной линии и только трещинное раскрытие могло пере-

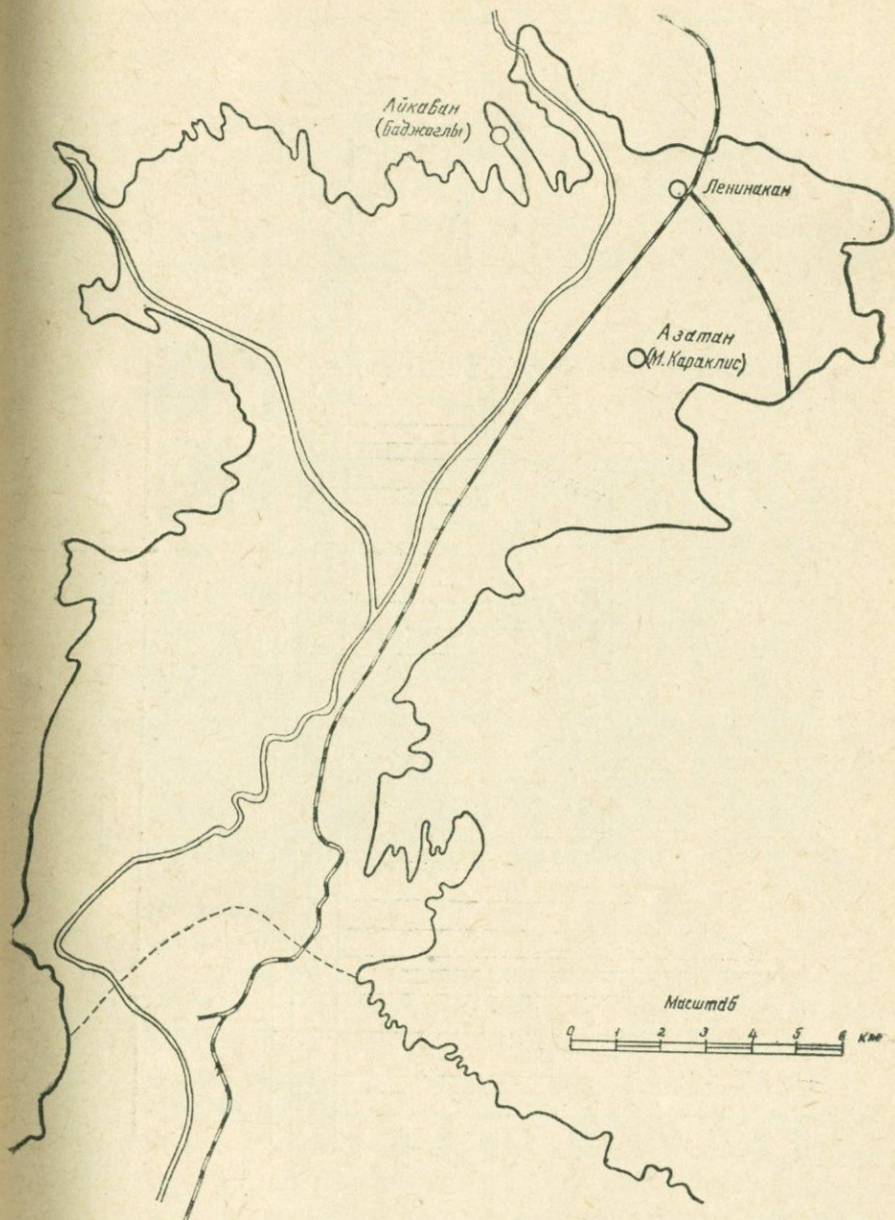


Рис. 33. Предполагаемые границы бывшего Ленинанканского озера.

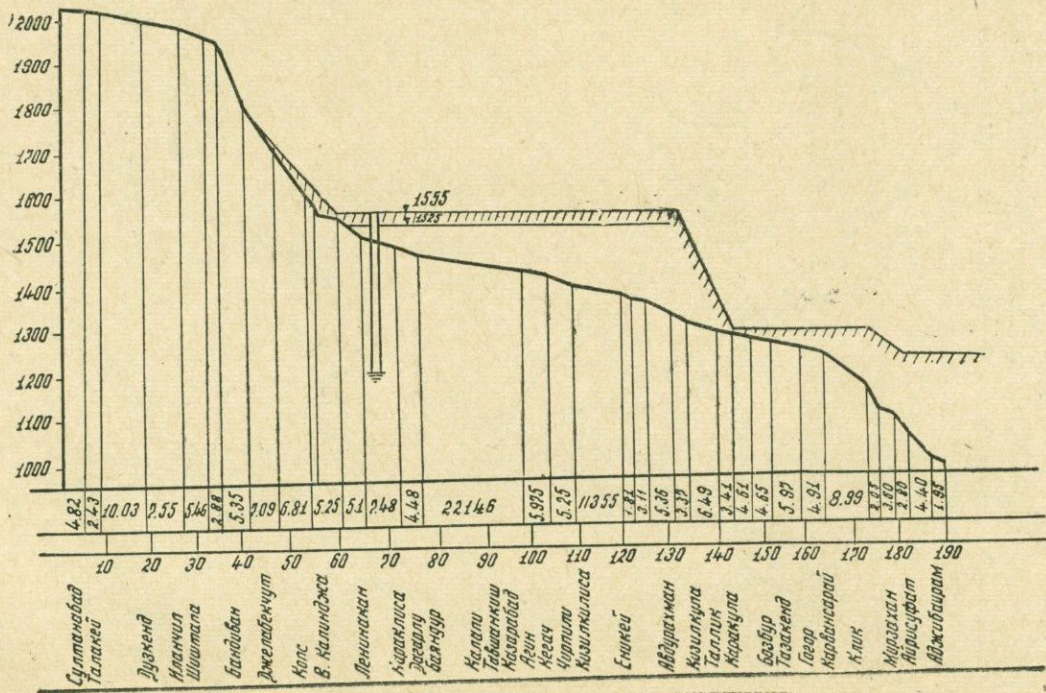


Рис. 34. Продольный профиль р. Ахурия.

бросить реку с одной полосы на другую; в лавовых районах реки не бродят. На фото 3 показано одно из трещинных раскрытий вдоль контурной линии длиной 200 м, глубиной 50 м у сел. Мирзахан.

Все это говорит в пользу того, что на данном участке действовала вулканическая депрессия.

Современный рельеф озерных отложений говорит за то, что озеро было ликвидировано до его полного занесения, т. е. до его естественной смерти. Это также, до некоторой степени, говорит в пользу трещинного раскрытия в результате вулканической депрессии.

Отметим, что трещинное раскрытие могло не сразу перевести долину реки в свои пределы; поэтому не исключается полоса террас по бортам каньона.

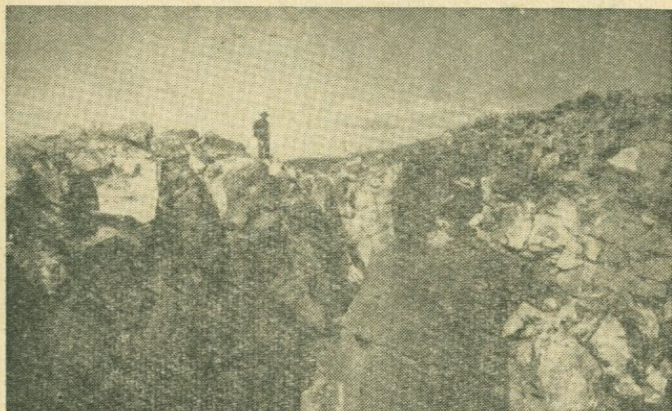


Фото 3. Трещинное раскрытие у сел. Мирзахан.

Памбакский хребет имеет склон в сторону Аракса. По нашему мнению, этот склон, не доходя до Аракса, под лавами встречает дуговую сравнительно невысокую гряду, называемую нами «Арагатской».

В связи с этим первые и ряд последующих излияний лав Арагаца затекли именно сюда, и депрессионная впадина оказалась заполненной лавами. Кармрашенская (Карабурунская) скважина прошла 250 м, то-есть до отметки 840 м, и не вышла из лав. Это указывает на то, что вулканическая депрессия и

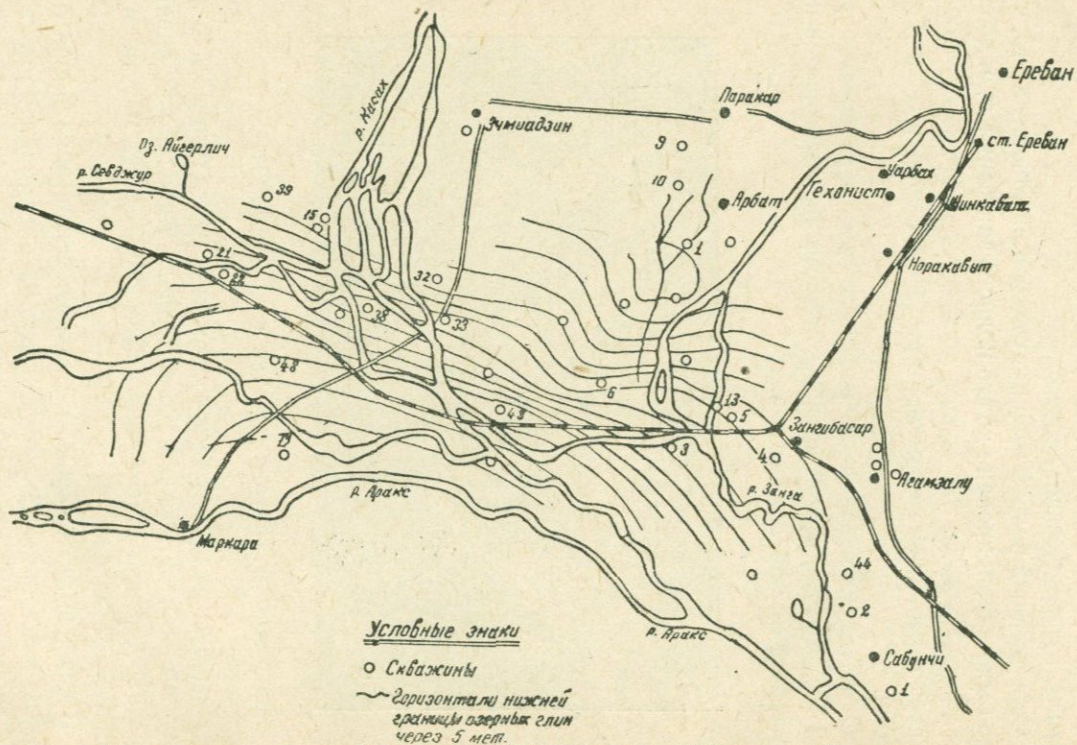


Рис. 35. Горизонталы нижней границы озерных отложений бывшего Араксинского озера,

здесь вызвала сильное понижение местности. Что депрессия существовала подтверждается еще тем, что дальше по радиусу вулкана осадочное основание поднимается до отметок 960 м и обнажается на берегу Аракса (9). Ничем другим, как вулканической депрессией, нельзя объяснить низкие отметки осадочного основания в районе Кармрашенской скважины.

Таким образом, факты говорят за то, что появление и исчезновение Ахурянского озера может быть объяснено только лишь вулканической депрессией.

#### б) Араксинское озеро

Долина реки Аракс, находящаяся между Араратом и Арагацем, подверглась влиянию вулканической депрессии, вызванной этими двумя вулканами.

Несмотря на то, что Араратская долина совпадает с периферической полосой этих двух депрессий, все же суммарное влияние их вызвало здесь депрессию порядка 300 метров.

На прилагаемой карте показаны горизонтالي нижней границы озерных отложений, причем эти горизонтали охватывают лишь советскую половину долины (рис. 35).

Озерные отложения, в силу своего расположения в мульдообразной впадине, благоприятствуют образованию напорных артезианских вод.

Несколько десятков скважин заложено в пределах Араратской долины. Они дают возможность правильно оконтурить границу озера (рис. 35).

Принято обычно считать, что Арарат древнее Арагаца. Это подтверждается тем, что в пределах бывшего озера отмечается в качестве более позднего именно влияние Арагаца. Во всяком случае, это утверждение верно для советской половины долины, где горизонтали озерных отложений явно говорят о наличии депрессии, вызванной трещинным излиянием шлаков.

Влияние центрального основного вулкана Арагац здесь или не обнаруживается вовсе, или оно чрезвычайно мало, — контурная линия основного вулкана здесь едва задевает долину.

Если Арарат действительно древнее Арагаца, то в озерных отложениях мы должны иметь два различных горизонта в случае значительного перерыва между действиями вулканов и

одну толщину озерных отложений, если промежуток сравнительно небольшой.

По данным скважины в с. Маркара имеем три слоя озерных глин, перемежающихся с песками и галькой. Скважина была доведена до глубины 185 м и не дошла до осадочного основания. А. Б. Эберзин [28] на основании определения фауны верхних озерных отложений (дрейссенсии) относит озеро к «плиоцену, вернее к постплиоцену».

Скважины вдоль Аракса близ сел: Шидлу, Давалу и Араздаян врезались на отметках 718, 702, 676 в базальты. Скважина в Араздаяне пересекла три слоя озерных глин.

На основании приведенных выше данных может быть наметена следующая картина. В Араратской долине резко очерченные озерные глины; под ними артезианские самоизливающиеся воды, находящиеся под значительным напором. На участке у с. Маркара три (а возможно и больше) слоя озерных глин с наиболее низкими отметками их залегания. Ниже по Араксу также имеются озерные отложения, но напор артезианских вод незначителен (сс. Шаумян, Араздаян) и лишь на посту Араздаян, близ Дагнинского перешейка, на глубине 74—124 м наблюдается некоторое повышение напора, дающее самоизливающуюся воду.

Нельзя не отметить то замечательное обстоятельство, что озерная чаша имеет наиболее низкие отметки на линии, соединяющей два центра вулканической депрессии — Арагац и Арарат. Это легко объясняется геофизическими законами депрессии.

«Араксинское озеро», также как и «Ахурянское», образовалось в результате как вулканической депрессии, так и тектонического поднятия Нахичеванского участка, вызвавшего запруды у ж.-д. ст. Неграм (рис. 36).

В работе автора «Артезианские воды Араратской долины» на основе изучения озерной чаши, а также отметок залегания и мощности глин определена отметка зеркала Араксинского озера в 850 м.

Мы считаем, что именно у ст. Неграм озеро получило свою запруды до указанной отметки.

В поисках места запруды Араксинского озера делают иногда предположение, что таковая получилась от затека лав

М. Арарата против гор Дагны. Такое предположение не может считаться правильным. Отметка лав под Араздаянской степью у гор Дагны, как показало бурение, равна 700 м, а отметка уровня озера — 850 м, может быть даже несколько выше

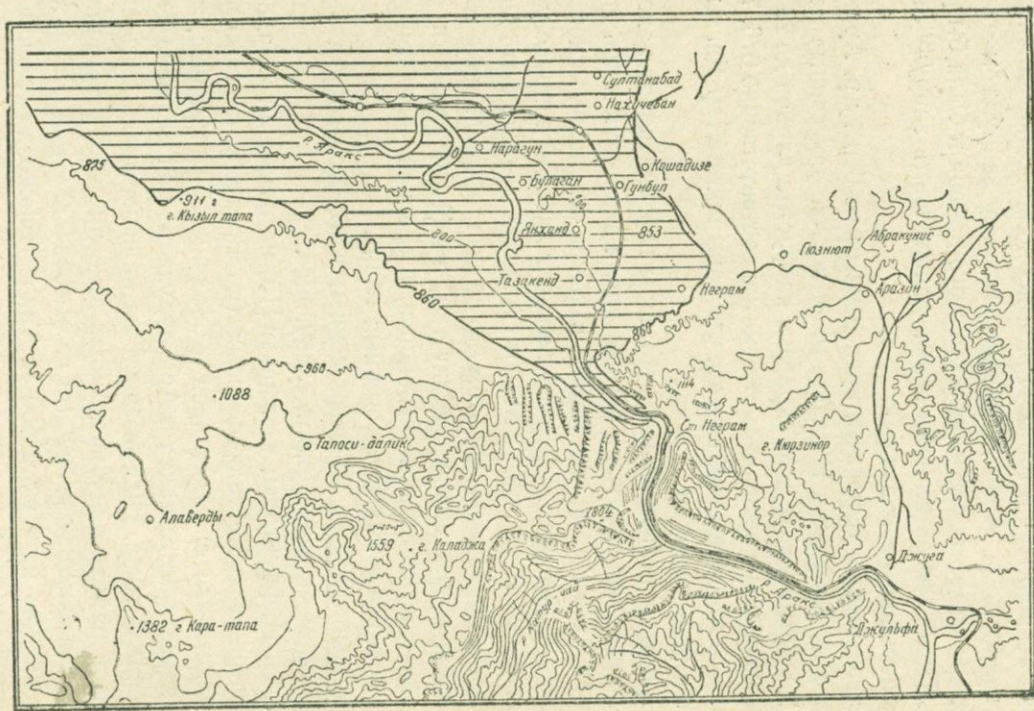
Следовательно, высота ныне размытой лавовой запруды должна исчисляться в 150 м. Принимая во внимание значительную водность р. Аракс, никакая лавовая запруда местного характера не могла бы выдержать этого напора и была бы размыта. Подобные затеки лав могут осуществлять запруду лишь при небольших расходах рек.

Разведочным бурением, проведенным по берегу р. Аракс в Араздаине, Арарате и Шидлу, выявлено, что занесенные наносами долины лавы Б. и М. Арарата на фронте длиной до 20 км, как было сказано выше, имеют отметки соответственно 676, 702, 718 м. Это ясно указывает на то, что лавы против гор Дагны не сыграли роль запруды.

При этом нельзя думать, что лавы первоначально находились на высокой отметке и осуществляли запруду и лишь впоследствии их отметка понизилась в связи с вулканической депрессией М. Арарата. Предположение о лавовой запруде у горы Дагна от затека лавы с Малого Арарата должно быть вообще исключено, так как при этом имели бы в озерной чаше один лишь слой озерных глин, между тем, в действительности, как показали многочисленные скважины, в озерной чаше имеется три самостоятельных слоя озерных глин.

Дополнительным подтверждением того, что запруда была у ст. Неграм, может служить следующее.

К. Н. Паффенгольц указывает [15] на наличие громадного распространения постплиоценовых (по Богачёву и Марголиусу — плиоценовых) галечников в бассейне Нахичеванчая, толща которых, полого падая к Араксу, уходит под аллювиальные отложения Аракса. Он указывает на наличие вдоль по долине р. Арпа в районе Азнабирт, Чива, Микоян террасированных плато, сложенных галечниками на высоте 200 м над рекой, а по Нахичеванчаю на высоте 400 м. Такое положение галечников говорит за то, что базис эрозии притоков Аракса на указанном участке раньше был высок, а к настоящему времени снизился, надо полагать, не менее чем на 100—150 м. Учитывая отметку современного Аракса против Нахичевани, получим прежнюю



† ис. 36. Место запруды бывшего Араксинского озера у ж.-д. станции Неграм.

отметку реки равной 850—900 м. На этой отметке и была запруда у ст. Неграм (рис. 36).

Небезынтересно указать на то, что у того же пункта с юга примыкало и другое озеро, а именно озеро Хойской долины (Иран), спущенное впоследствии по р. Котурчай (24).

Понижение Нахичеванского участка К. Н. Паффенгольц объясняет совсем недавним синклиналильным прогибом долины Аракса.

Таким образом, подтверждается наличие тут в плиоцене — постплиоцене достаточных отметок для осуществления запруды озера, образовавшегося в результате тектонического поднятия и вулканической депрессии, вызванной извержениями Арарата и Арагаца.

Участок тектонического поднятия, хотя и размывался вдоль реки водой, поступавшей из озера, но все же он продолжительное время осуществлял запруду; причину этого нужно видеть в гидрологическом режиме нижеследующего участка реки.

Как известно, речное ложе формируется не под влиянием меженных расходов реки, а — паводковых, и между средними паводковыми скоростями течения и фракциями речного аллювия имеется определенная зависимость. При малых скоростях проходят мелкие фракции; при больших скоростях проходят крупные фракции.

Предположим, что первоначальный профиль реки на рассматриваемом участке характеризовался прямой линией или какой-либо кривой. Далее, предположим, что на рассматриваемом участке имело место тектоническое поднятие. Это вызывает вначале падение уклонов на верхнем участке реки, появление меандров, и по мере дальнейшего поднятия — болота, озерки.

Перелив воды через гребень поднятия вызовет ниже размыв русла, но не до установления прежнего уклона, а до уклона соответствующего новому ложу реки.

На участке Ордубат — Агбенд, расположенном несколько ниже станции Неграм, речное ложе завалилось крупными глыбами, обрушившимися с берегов каньона. При этом происходило увеличение уклона, сопровождавшееся поднятием русла, считая это поднятие над базисом эрозии. На участке, прилегаю-

щем к данному пункту с верховой стороны, в результате поднятия возникал подпор.

С течением времени озерное ложе было занесено наносами и профиль реки получил вниз по течению характерный сходящийся уклон (рис. 37).

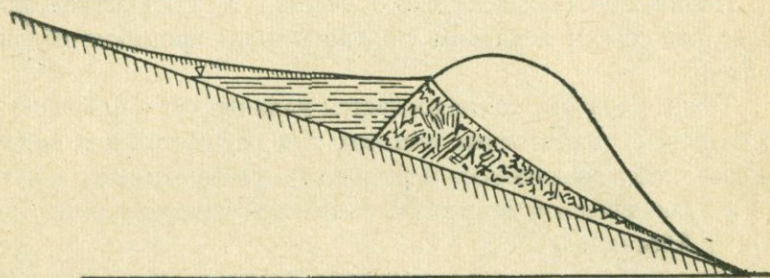


Рис. 37. Схема развития русла р. Аракс на участке Ордубат-Агбенд.

И действительно, в настоящее время против Нахичевани и ниже, до Неграм — Кизилванк, Аракс явно меандрирует, а затем на участке древних интрузивных пород с крупно-глыбистым ложем уклон реки резко повышается.

Миоценовые песчаники и мергели Нахичеванского участка не сохранились бы на высоких отметках, если бы нижележащий участок Ордубат — Агбенд не был на высоких отметках.

Вулканическая депрессия, как самостоятельный фактор, в свою очередь создала озерное ложе, понизив отметку дна чаши.

Нижняя граница озерных отложений в Маркаре и Араздаёне, расположенных друг от друга на расстоянии 64 км, имеет следующие отметки.

Таблица 7  
Отметки нижней границы озерных отложений

Слои	Маркара 844 м	Араздаён 800 м
I	728	Подлежит уточнению тоже
II	713	
III	678	
IV	—	
Забой скв.	659	683 670 базальт

При этом нужно отметить, что скважина в Маркаре приостановлена бурением на отметке 659 м, не дойдя до осадочно-

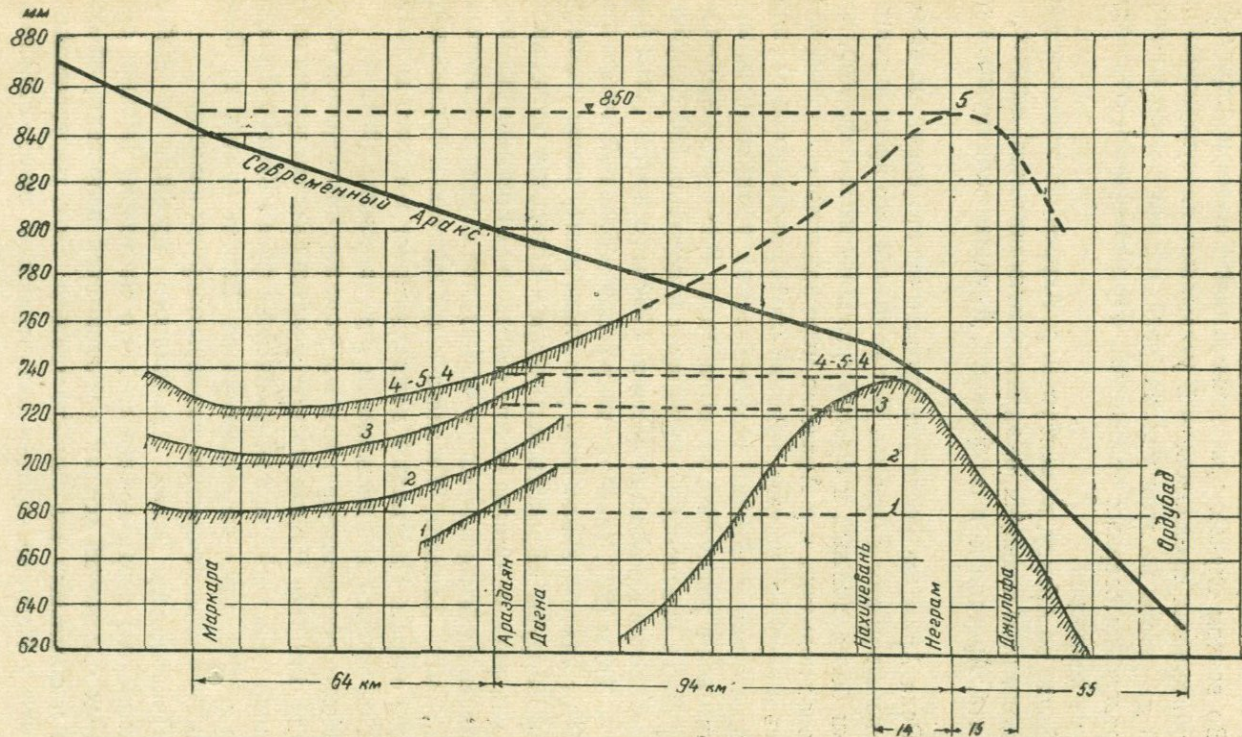


Рис. 38. Продольный профиль р. Аракс у места запруды с показанием озерных отложений.

по основания, поэтому не исключена возможность, что ниже имеются еще другие ярусы озерных отложений.

Во всяком случае, приведенные выше схема и цифры без дополнительных предположений указывают на существование явной депрессии на этом участке реки и дают ясную картину распределения озерных отложений, образовавшихся от запруды и от депрессии.

Выше по Араксу, вблизи устья р. Ахурян, расположен участок волнового поднятия, вызванного вулканической депрессией Арарата, Арагаца и, в особенности, Алуджинской группы вулканов.

Река Аракс не могла реагировать на это поднятие иначе, как размывом дна и берегов. Нет сомнения, что процесс речной эрозии более сильный и быстро развивающийся фактор, чем волновое поднятие, и р. Аракс по мере поднятия участка врезывалась в глубокое ущелье, изменяя свой первоначальный уклон в соответствии с новыми геологическими условиями, обнаружившимися в результате размыва русла. Здесь река прорезала себе русло в красноватых песчаниках и мергелях (26); глубина ущелья против Кагызмана достигает 760 м., а против устья Ахуряна — 300 м (26), (наверху покров лав небольшой мощности).

Этот участок аналогичен расположенному выше участку в районе запруды «Араксинского озера». Прорезая песчаники и мергели, река не смогла восстановить свои прежние уклоны и оказалась на более высоких отметках, что наряду с волновыми поднятиями Аладага, Кесадага и др. привело к образованию второго озера в Пассинской долине, возраст которого характеризуется тем же дрейссенсиевым ракушечником (39).

Некоторое различие с нижним участком заключается в том, что для поднятия Нахичеванского участка базисом эрозии явился ранее поднятый участок древней интрузии Конгур-Алангезского хребта, здесь же аналогичного базиса эрозии не было. Это обстоятельство снизило размеры запруды и озера.

Приведенная схема продольного профиля в районе Араксинского озера показывает, что не только нижний слой озерных отложений обязан вулканической депрессии, ей обязаны и остальные два самостоятельных слоя, приуроченные к запруде у Неграма, причем они отражают явное относительное понижение в Маркаре, вызванное той же причиной.

На основе этой схемы мы должны предположить, что в пределах Нахкрая верхние озерные отложения могли быть полностью или частично смыты рекой.

Наличие нескольких горизонтов озерных глин технически увязывается с фазой вулканической депрессии и с постепенным тектоническим поднятием Нахичеванского участка. Эти фазы отмечены в соответствующей последовательности (см. рис. 38) на ординате Нахичевани.

Между фазами имело место заполнение аллювием неглубокой чаши озера.

Последняя фаза 4—5—4 относится к тому времени, когда зеркало озера от пропима порога вновь опустилось. Этой фазе соответствует самый мощный верхний слой озерных глин. Возраст — плиоцен-постплиоцен относится именно к последнему, верхнему слою.

В разрезе, проходящем через с. Маркара, нижние слои озерных глин имеют отметку ниже, чем в Араздаёне.

Без вулканической депрессии и при наличии только лишь подпруды мы не имели бы такой картины. В случае подпруды, вызванной затеком лавы, мы могли иметь, как было сказано выше, только один слой озерных глин, чего нет на самом деле. Увязка процесса нарастания озерных отложений с динамикой тектонического поднятия запруды может служить ключом для выяснения динамики последней.

Прилагаемый продольный профиль р. Аракс (рис. 39) является хорошей иллюстрацией как вулканической депрессии, так и значительно более раннего поднятия русла реки, вызванного Мегринскими интрузиями и завалами русла реки камнями, скатившимися с откосов в пределах участка интрузии.

На том же профиле показан наклонной прямой теоретический древний профиль реки.

Максимальная депрессия совпадает с сечением, проходящим через с. Маркара; размер максимального опускания — 300 м.

Наличная ширина Араратской котловины также отражает влияние вулканической депрессии: на участках реки, где Арарат и Арагац располагаются по бокам, долина шире, а ниже по

реке, где кончается влияние Арагаца и остается влияние одного лишь Арарата, — долина соответственно суживается.

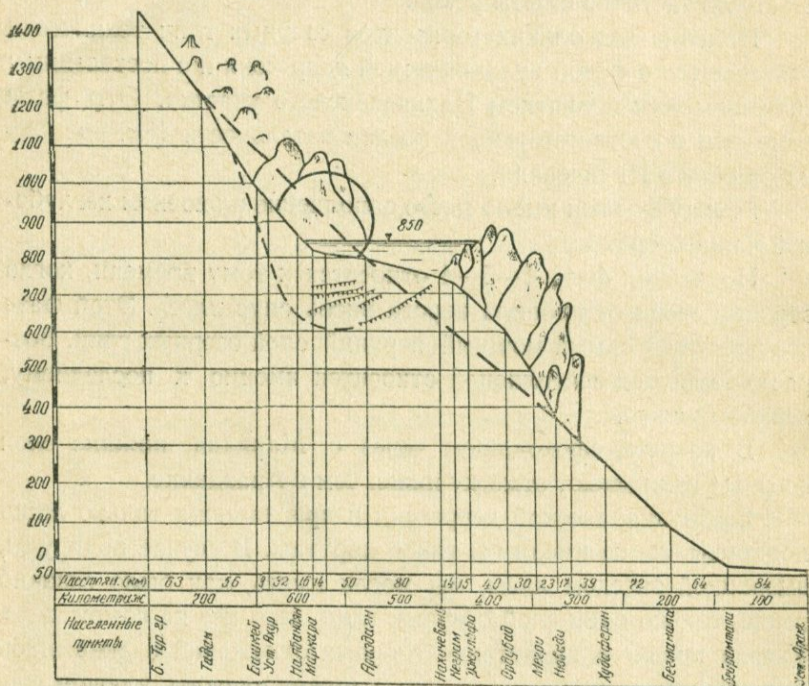


Рис. 39. Продольный профиль р. Аракс с показанием депрессий и поднятий.

### в) Зангинские озера

Геологические исследования, произведенные разными лицами (П. П. Гамбарян, А. А. Турцев, К. Н. Паффенгольц, А. П. Демехин и др.) показали, что в пределах среднего течения р. Занги некогда также имелись озера. Найдены ракушки и диатомеи в Авазане (Озанляре), Нурнусе, Арзни, Эларе, в Дзорахпоре—Джрвже.

Ракушки трех видов: *Melosira*, *Lymnea owata*, дрейссенсии др.

Самые древние из них — *Melosira* — найдены в осадочных отложениях в скважине в Арзни; они же найдены и в Нурнусе.

Дрейссенсии найдены в наносах на долеритовых базальтах по обеим сторонам каньона р. Занги в сечении Арзни — Джат-

кран, более поздние дрейссенсии найдены выше четвертичных лав в каньоне Занги у Арзни.

У дороги Дзорахпюр—Маяковский обнаружены *Lymnaea owata*.

Дзорахпюр—Джаткранские озерные отложения имеют высокую отметку—1520 м, а Эларские—1440 м, остальные отложения приходятся в пределах русла р. Занга на более низких отметках.

Высокие отметки Дзорахпюрских и Эларских озерных отложений объясняются волновым поднятием Аралера, Арагаца и Арарата.

На приустьевых участках рек, впадающих в Зангу, А. А. Турцев отмечает относительно большие уклоны, что говорит о понижении базиса эрозии, о депрессии на р. Занге. А. А. Турцев исчислил понижение Зангинской полосы у устья р. Кахсы в 77 м (32).

### Экструзия соли и гипса на полосах волновых поднятий

Согласно современным воззрениям соль и гипс, как пластические материалы, выдавливаются, устремляясь по направлению наименьшего сопротивления, и скопляются, как говорят, «в тени давления» или на поверхности земли.

В результате соль и гипс могут быть частью или полностью выдавлены и перемещены, образуя на новом месте значительные скопления. Это явление в последнее время было изучено во многих частях света (6, 47, 48, 21). Исследования, производившиеся с 1930 г. в Иране, показали, что экструзия соли имела место в разные периоды, начиная с верхнего мела и вплоть до плиоцена-постплиоцена.

Замечательно то, что вдоль контурных кругов Арагаца, Арарата, Алуджи непосредственно с внешней стороны их, на полосе волновых поднятий и в связи с последними также отмечается экструзия соли и гипса.

К. Н. Паффенгольц, А. Марголиус, В. Ф. Захаров и А. П. Демехин указывают на гипсоносную полосу в долине р. Арпа (51), в Садараке, в Вединском районе в долине речек Шагаглу и Шорсу, в Арташатском районе— в Арарате (Давалу), в

верховьях Гарни у сел. Шорбулаг и, наконец, близ Еревана в районе Джрвежа и на трассе оросительного канала им. Сталина.

Далее на запад осадочная полоса вдоль контурного круга г. Арарат скрывается под лавами, но близ устья р. Ахурян, освобождаясь от лав, вновь появляется. Здесь она значительно более обогащена солью и гипсом, по-видимому, в связи с тем, что здесь имело место суммарное действие волновых поднятий от Арарата, Арагаца, Алуджи.

В районе Кагызмана и Кульп — богатые залежи каменной соли, имеющие промышленное значение.

Имеются также многочисленные соляные и известковые ключи (36).

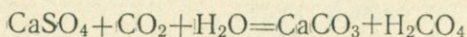
Вторым участком суммарного действия волновых поднятий является участок, расположенный непосредственно у г. Ереван (см. карту).

На полосе волнового поднятия Алуджи близ Ленинакана у сел. Бабурли имеются колодцы, перерезавшие лавовый покров и порой частично вошедшие в подстилающие их известняки. Вода в колодцах, вошедших в известняки, имеет заметно солоноватый вкус.

Как известно, при исследовании грунтов озера Севан на дне его обнаружены участки скоплений карбонатов извести неизвестного происхождения (60) в виде желтоватых, дресвянисто-щебневатых кристаллов. По данным исследований общая площадь их определяется в 28 км<sup>2</sup>.

Оконтуривая участки Гегамских (Ахманганских) вулканов с жидкоплавкими лавами по линии волновых поднятий, мы должны считать вероятным появление и тут экстрезии соли и гипса во взаимодействии с углекислотой, давшие на дне озера Севан отложения кристаллов карбонатов извести и одновременно послужившие причиной появления Новобаязетских гипсоносных участков.

Химический процесс выпадения кристаллов в воде возможно охарактеризовать следующим образом:



Отметим, что содержание углекислоты в воде оз. Севан значительно (61).

## Арагатская гряда под лавами Арагаца

Арагатская гряда имеет большое значение как для распределения лав, так и для гидрогеологии, поэтому считаем необходимым более подробно остановиться на этом вопросе.

В нашем представлении эта гряда имеет дуговое очертание, параллельное такой же дуговой гряде Арагаца (см. близ верхней границы карты), и она также дислоцирована надвигами и сбросами, как эта последняя.

В настоящее время Арагатская гряда перекрыта лавами Арагаца, но имеются некоторые данные, позволяющие делать предположения о ее существовании.

Так, по линии р. Занга в глубоком каньоне между селениями Птгни и Кетран лавы прерываются осадочной антиклинальной складкой (33). Пять скважин, заложенных тут, определенно подтверждают это. Деривационный канал Канакерской ГЭС, практически горизонтальный, на пик. 27+60 тоннелем прорезает лавы и входит в сильно дислоцированную осадочную толщу, а на пик. 87+00 вновь входит в лавы, причем на указанном протяжении на небольших участках неоднократно пересекает лавы, что указывает на то, что отметка 1235 м является на этой линии верхней отметкой осадочной толщи.

В каньоне реки Касах выходят по одной горизонтальной линии Мугнинские родники, собирающие воды со склонов г. Аралер. Родники выходят по линии контакта лав с вулканическими пеплами, налегающими непосредственно на мергелистые глины, что имеет место также в каньоне р. Занга (33). У сел. же Мугни наблюдается антиклинальное залегание лавовых слоев, преграждающих дальнейшее движение водного потока к югу (30).

На западе мы встречаем Арагатскую гряду в каньоне Аракса у впадения р. Ахурян. А. Лавров [9] приводит разрез сильно дислоцированной тектоническими силами древней осадочной породы. Разрез начинается с отметки 960 м. Внизу глинистые сланцы, песчаники с прослойками гипса; выше — песчано-известковая толща со слоями известняка-ракушечника и, наконец, на поверхности — андезито-базальтовый покров. Все подстилающие породы сильно нарушены. Имеется ряд тектонических

сбросов. От описываемого места на восток, вдоль по Араксу пласты прикрыты каменными осыпями, а еще далее, понижаясь, скрываются под лавовым покровом.

На северо-запад от с. Ассар до с. Бахчалар, у устья р. Ахурян выходы этих пород также скрыты, лавовый покров лежит непосредственно на надпойменной террасе.

Ни на лавовом участке, ни на участке осадочных пород у подошвы всего левого берега Аракса нет ни одного выхода подземных вод. В сел. Хербеклю есть несколько родников у надпойменной террасы, связанные, скорее всего, с аллювиальными грунтовыми водами долины Аракса.

По другую сторону р. Аракс, на полосе Араратской гряды против устья р. Ахурян, имеется сильно дислоцированный участок, возникший в связи с поднятием верхнемиоценовых отложений в системе Тякялту и подстилающих их эоценовых песчаников и нумулитовых известняков (26).

Приведенные данные, хотя и недостаточно полно, но все же характеризуют Араратскую гряду.

Отметки этой гряды в пределах контурной линии Арагаца, иначе говоря, на участках, где меньше всего сказывалось влияние вулканической депрессии, равны у р. Занга 1200—1300 м, а у р. Аракс — 1100 м. Против вершины г. Арагац эта гряда сильно снижена вулканической депрессией — здесь имеем на поверхности лавы отметку 1200 м; отметка гряды должна быть здесь не более 800—900 м, так как мощность лав здесь значительная.

Но первоначально, до проявления вулканической депрессии, отметки здесь, очевидно, были высокие и, несомненно, гряда оказала большое влияние на распространение первых лав Арагаца.

По исследованиям П. И. Лебедева и К. Н. Паффенгольца (25, 14), если не первыми, то одними из первых были лавы долеритовых базальтов, которые встречаются на южном склоне у Бюракана (выше гряды), а также на западном и юго-западном склонах Арагаца; иначе говоря, растекаясь, задержались на Араратской гряде. Это же подтверждается и данными Карабурунской скважины.

Отметим, что базальты Котайка и Еревана, располагающиеся ниже Араратской гряды, не арагацкого происхождения,

они не перелились через гряду, а затекли со стороны Гегамского хребта (33).

Акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг считал, что шлаковые конусы обычно представляют из себя или вторичные паразитические конусы, возникшие на лавовых покровах, или трещинные излияния неглубокого очага (38). Несомненно, что громадные конусы Кизылов и др. конусы на южном склоне Арагаца располагаются по линии разлома (9). Нижняя часть южного склона Арагаца в его центральной части представляет сплошное поле шлаковых андезито-базальтов, на котором основные конусы расположены по нескольким плавным линиям.

Большое количество шлаковых конусов на этом участке можно приписать тому, что Араратская гряда, представляя одновременно полосу значительных дизъюнктивных дислокаций, благодаря наличию вулканической депрессии, вызванной Арагацем, перетерпела сильные деформации, и имевшиеся ранее глубокие сбросы местами разошлись, создав благоприятные специфические условия для выхода магмы (рис. 40) по активизированным линиям бывших глубоких сбросов.

Вулканические депрессии вообще отсутствуют вблизи контурных линий; поэтому и количество шлаковых конусов по линиям дизъюнктивных дислокаций в Араратской гряде, уменьшаясь, и вовсе исчерпывается у контурной линии Арагаца (пунктир на рис. 40). На плато, между Касахом и Зангой, полоса шлаковых конусов имеет косое в плане направление в полном соответствии с плановым расположением Араратской гряды.

Приближаясь к западному пересечению Араратской гряды с контурной линией Арагаца, мы встречаем сначала полосу погашающихся проявлений периферического вулканизма, а на самой контурной линии и за ней значительное проявление последнего, но вызванного уже другой причиной, на что указывает то, что они строго ориентированы с дуговой линией трещинных излияний западного склона Арагаца, обусловленной волновым поднятием от Алуджинской группы (рис. 40).

На связь северной и южной групп трещинных излияний указывает проф. П. И. Лебедев (25).

Конечно, шлаковые излияния имеют место и вне Арарат-

ской гряды, на других линиях сбросов, но эти лавы больше всего распространены здесь, поэтому основной очаг их находится в пределах той части Араратской гряды, которая больше всех подвергалась деформации, вызванной вулканической депрессией Арагаца. Мы считаем это довольно важным обстоятельством, объясняющим нам причину значительного скопления этих лав именно тут. Одновременно этим же фактом подтверждается и дислоцированность Араратской гряды, скрытой здесь под лавами.

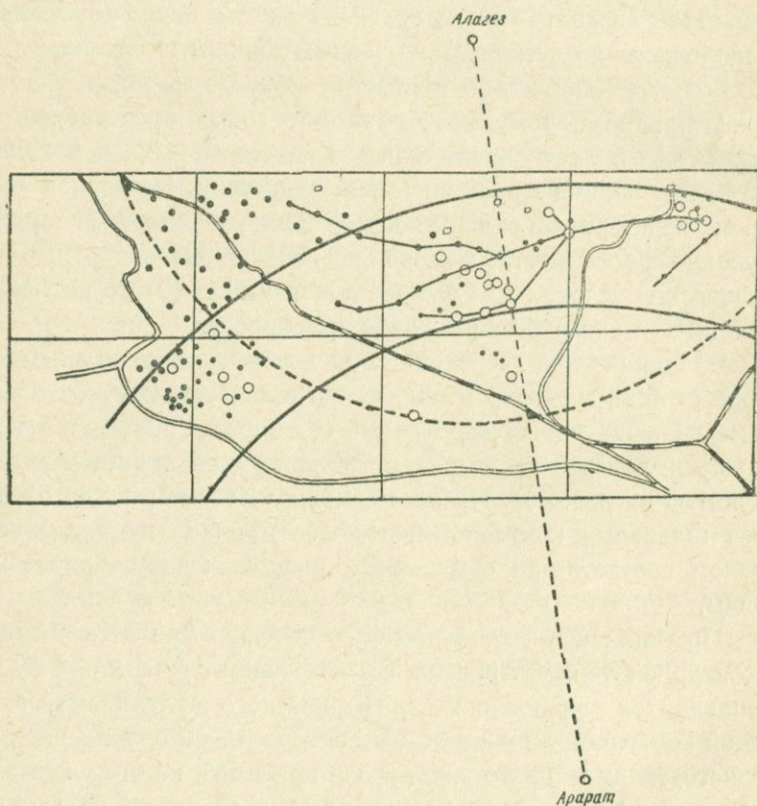


Рис. 40. Араратская гряда.

Наиболее крупные родники Араратской котловины питаются водосборными бассейнами, расположенными в пределах верхней зоны горных массивов Арагаца и Ахмангана. Воды этих родников неизменно выступают выше Араратской гряды или непосредственно над ней. К этим родникам относятся: Арз-

нинские, Гюмушские, Нурнусские, Мугнинские, Шахвердские и Бюраканские. Ниже гряды или вовсе нет родников (в западной части гряды), или имеются лишь небольшие по дебиту родники (до 3-х литров в Зангинском районе), что объясняется незначительностью их бассейна, ограниченного антиклинальной складкой осадочного рельефа. Наличие осадочных пород отражается повышением содержания солей в водах этих родников (30).

В западной половине гряды, преграждая грунтовым водам путь на юго-восток, создает в Октемберянской долине как бы затишье в водном режиме грунтовых вод, что характеризуется широким раздвижением здесь гидроизогипс (рис. 41).

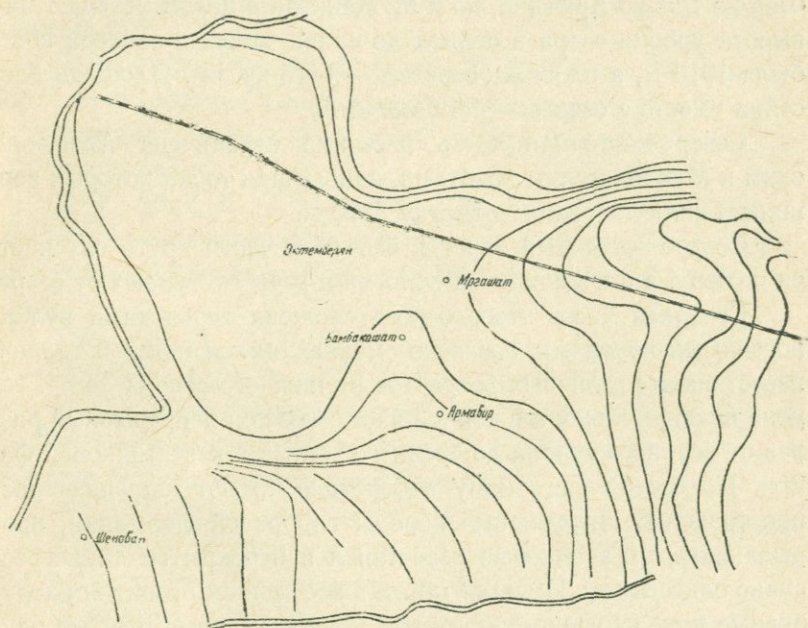


Рис. 41. Сильное раздвижение гидроизогипс на одном из участков Октемберянского района.

Арагатская гряда в настоящее время перекрыта лавами Арагаца. Это говорит за то, что Арагатская гряда старше Арагаца. В противном случае гряда выступала бы по всей длине видимым пояском на склонах Арагаца. На самом же деле гряда на много старше и Арагаца и Арагата.

Еще раз отметим, что Арагатская гряда в пределах южно-

го склона Арагаца сильно дислоцирована и снижена вулканической депрессией, вызванной Арагацем. Поэтому в настоящем состоянии на этом участке она уже не является сплошной грядой.

### Вулканическая депрессия в бассейне оз. Севан

В Араратской котловине район оз. Севан, хотя занимает и обособленное место, составляя краевую ее часть, но его строение имеет тесную связь с геологией и, в особенности, с тектоникой котловины.

Озеро Севан представляет одно из самых значительных озер не только Армении, но и М. Кавказа в целом. Абсолютная высота уровня озера в период до слива вековых запасов воды была 1916 м, а площадь зеркала — 1416 кв. км. Площадь бассейна вместе с озером — 4391 кв. км.

Северо-восточная часть бассейна ограничена Арегунийским и Муровдагским хребтами, наивысшая точка которых вершина Гинял-даг имеет отметку 3370 м.

Северо-восточный берег в северной части круто спускается к озеру, а в южной — он пологий и горы отступают от озера.

Северная часть этого берега сложена туронскими вулканогенными породами, согласно сменяющимися мощной толщей известняков различных возрастов от нижнего сенона до ср. эоцена включительно, а в южной части имеется непрерывный разрез от верхнего турона до среднего эоцена в известняковой фации. По северо-восточному побережью имеют большое распространение интрузивные породы габбровой формации, прорывающие ср. эоценовые известняки и перекрытые трансгрессивно олигоценем. Имеется также в небольшом развитии интрузивные породы грано-диоритовой магмы, которые моложе олигоцена.

В юго-восточной части бассейна озера на сильно дислоцированные верхне-меловые и средне-эоценовые породы трансгрессивно налегает мощная толща олигоценовых вулканогенных пород.

Противоположная — юго-западная часть бассейна озера по К. Н. Паффенгольцу сложена вулканогенными породами олигоценового возраста, перекрытыми почти сплошь четвертичными

андезито-базальтами, а против середины озера, в районе г. Нор Баязет, имеет сравнительно большое развитие толща слабо уплотненных песчаников (местами пепловых), галечников, известковых туфов и известняков, видимо, озерного происхождения (17). Геологическая карта бассейна с данными, характеризующими дизъюнктивные дислокации северо-восточного берега приведена в конце книги.

Бассейн озера Севан изучался экспедицией Академии наук СССР (1931 г.) и персонально геологом К. Н. Паффенгольцем, работавшим от Геологического Управления АрмССР (1934 г.). По оз. Севан имеются данные и высказывания также многих других авторов.

Относительно происхождения оз. Севан имеются разные мнения [52]:

1. В. А. Обручев, М. Ф. Митте, Д. И. Анучин, Мерцбахер и др. причисляют оз. Севан к кратерным озерам, считая его огромным кратерным углублением, образовавшимся из жерл потухших вулканов.

2. Г. Абих, Е. С. Марков, А. Ф. Ляйстер, Нешель, К. Н. Паффенгольц придерживаются мнения о запрудном происхождении озера, обязанного затеку лавы, запрудившей речную долину.

При этом А. Ф. Ляйстер считает, что первоначально возникла южная часть озера, т. н. Большой Севан, воды которого пропилили материковую преграду, находившуюся против Н-Баязета и лишь после этого озеро в целом было запружено в месте бывшего истока реки Занга.

3. А. Бюндель, Ф. Освальд, В. Б. Богачев, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, С. С. Кузнецов, А. А. Турцов, А. С. Гинзберг и др. считают, что озеро тектонического происхождения.

В окончательной сводке работ экспедиции Академии наук СССР значится: «в вопросе о происхождении озера Севан нет еще достаточной ясности. По-видимому, для этого надо знать историю более широких площадей Армянского нагорья и иметь более глубокие выемки донных отложений, чем удалось получить».

К. Н. Паффенгольц, указывая (1934 г.) на необоснованность соображений, высказанных экспедицией Академии наук, приводит свои данные для подтверждения запрудного происхож-

дения озера; они относятся отдельно к Б. Севану и отдельно к М. Севану. Но все же и он считает, что в вопросе о происхождении озера Севан окончательного мнения пока не может быть вынесено (54).

Перейдем к вопросу о происхождении озера Севан на основе принципа, выдвинутого в настоящей работе.

Геологические исследования, проведенные в бассейне оз. Севан экспедицией Академии наук СССР и К. Н. Паффенгольцем не во всех частях привели к единому результату.

Для нас имеет особенно важное значение определение возраста пород.

Если по северной части бассейна и по Гюнейскому хребту в общем нет большого расхождения между мнениями указанных авторов, то этого нельзя сказать про остальную часть бассейна.

Для нас существенное значение имеет возраст андезитов в южной части бассейна. К. Н. Паффенгольц считает их олигоценового возраста. Экспедиция Академии наук СССР, устанавливая возрасты, включает андезиты в графу «Плиоцен и постплиоцен» (57).

Для нашего дальнейшего анализа имеет существенное значение то, что андезиты по возрасту старше андезито-базальтов.

Таким образом, для молодых лав Севанского бассейна можно принять два возраста: для андезито-базальтов — четвертичный, а для андезитов — более ранний.

Первые лавы окаймили дугой современную чашу Б. Севана, более поздние, лавы четвертичного периода, охватили полностью М. Севан, а также расположились в пределах Б. Севана, но не сплошь по всему склону бассейна, а преимущественно на нижней половине склона.

Четвертичные лавы по К. Н. Паффенгольцу излились не в один прием, различные участки были заняты в разные сроки, начиная от нижне-четвертичного, а возможно, и верхне-третичного периода (17). Первые лавы залегают у города Н. Баязет на осадочных образованиях с ракушками дрейссенсии (16).

Основываясь на принципе вулканической депрессии, мы должны принять, что первые же излияния лав вызвали вулканическую депрессию, в основном, в пределах большой чаши и лишь частично задели малую чашу.

При этом в пределах озерной чаши не имелось никакой лавовой запруды — чаша, первоначально неглубокого Б. Севана не нуждалась в запруде, и вода из озера вытекала в пределы современной малой чаши меандрировавшей рекой.

Река Гаварагет, как и все прочие реки Б. Севана, давала свои выносы в озеро; здесь и отложились ее озерно-речные наносы с ракушками дрейссенсии.

Наступает вторая фаза, — появляются четвертичные лавы, по Паффенгольцу типа А; они занимают участок у г. Н. Баявет и в районе Ордаклю — Рндамал. В районе Н. Баязета они перекрывают упомянутые выше озерные отложения, а в районе Чирчир запруживают озерную чашу, подымая уровень озера.

Река Гаварагет, — одна из самых крупных Севанского бассейна, — выносила наносы как до появления запруды, так и после, образуя значительный конус выноса и ту своеобразную современную косу, которая вдается в озеро между малой и большой чашами.

Следующей порцией лавы осуществляется запруда на втором участке, представляющем из себя более низкую по отметкам ступень и расположенную между озером и сел. Кахсы. Отметка русла Занги у с. Кахсы — 1664 м. И наконец, последняя порция появляется в виде жидкоплавких лав типа Е, значительных по количеству излившейся массы, содержащих большое количество газов (61) и дающих в условиях вулканической депрессии большие прогибы.

Вряд ли могут быть сомнения в том, что Б. Севан получил свою особенно округлую форму именно от депрессии вулкана Армаган (Магмаган), излившего жидкоплавкие лавы типа Е, и что М. Севан должен быть сравнительно глубоким от Гегамских лав того же типа.

Гора Армаган, излившая жидкоплавкие лавы, является уединенной горой. Благодаря этому здесь можно отчетливо проследить хорошо выраженную вулканическую депрессию. Очевидно, обилие газов при вулканическом извержении послужило здесь причиной особенно резкого проявления депрессии.

При ознакомлении с картой можно установить что с верховой стороны горы Армаган широкой дуговой полосой склоны гор направлены в сторону вулкана. Это объясняется тем, что если до депрессии Армагана склон хребта возвышался над

уровнем озера на 800—900 м, то после возникновения депрессии горы Армаган вокруг нее получилось сильное изменение направления склона с образованием воронкообразной поверхности вокруг вулкана, что является фактором, говорящим о значительности понижения.

Бассейн р. Аргичи, в связи с появлением конуса вулкана, в результате заиления заполнился наносами, образовав ровную долину, но одновременно вся эта долина в целом и сильно опустилась (рис. 42). Как представлено на схематической карте местности вокруг горы Армаган (рис. 43) горизонталь 2400 м, приходящаяся ситуационно на линии вершины Армагана, в дальнейшем огибает гору, далеко отходя на юг в сторону водораздела, захватывая почти всю долину р. Аргичи. Это указывает на то, что хотя в верховьях Аргичи долина заполнена наносами, но она в целом опустилась. Если бы это было не так, то горизонталь 2400 м должна была обогнуть гору с северной стороны, наподобие горизонтали 2000 м.

И само расположение полосы максимального проявления депрессии нужно было ожидать совпадающим именно с линией, соединяющей центр Б. Севана, как центр обще-вулканической депрессии с центром Армагана. В результате депрессии Севан поддался в сторону Армагана, а на противоположной стороне вулкана образовалась большая Аргичинская долина. Отметим,

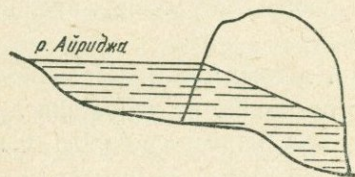


Рис. 42. Схема развития долины р. Аргичи.

Все это подтверждает, что действительно, количество газа при извержениях имеет существенное значение в вопросе депрессии; последняя может быть тем значительнее, чем больше газов выделяется при извержении.

В верховьях р. Аргичи отмечается также развитие дизъюнктивных дислокаций, что также характерно для вулканической депрессии (50).

Горы Арарат и Арагац являются вулканами центрального



типа; поэтому, как было рассмотрено вначале, вулканическая депрессия дала конический прогиб земной коры. В бассейне озера Севан вулканические вершины первой генерации с андезитовыми лавами окаймляли полукольцом Б. Севан, поэтому и прогиб земной коры по своим проявлениям должен несколько отличаться от прогибов, вызываемых вулканами центрального типа.

Если представим себе плиту на кольцевой опоре, нагруженную также кольцевой нагрузкой (рис. 44), то, как известно из механики, кольцевая нагрузка даст прогиб, одинаковый с прогибом от центральной нагрузки (3), причем внутри контура кольцевой нагрузки плита получит прогиб по шаровой поверхности, образуя шаровой сегмент (7); при наличии же упругой реакции от магмы дно получит практически прямолинейное очертание, при этом волновое поднятие имеет место вне области расположения сил, т. е. снаружи.

В случае расположения вулканов полукольцом, а не полным кольцом, условия не меняются, исключение составят лишь концевые участки полукольца.

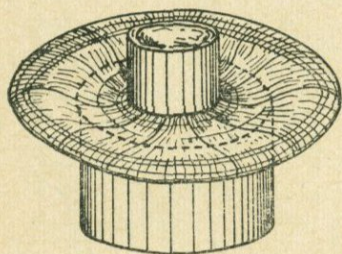


Рис. 44. Схема прогиба земной коры от кольцевой нагрузки.

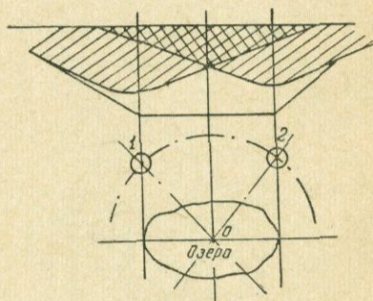


Рис. 45. Схема развития депрессий в районе озера Севан.

Как видно из схемы рис. 45, каждая пара симметрично расположенных вулканов может покрыть своими депрессиями центральный участок, вызвав здесь значительный суммарный прогиб.

Таким образом, в то время как обычный вулкан центрального типа в условиях вулканической депрессии может образовывать только сравнительно небольшие озера и болота на своей периферии, вулканические фьоры, полукольцом охватившие озеро Севан, в силу своего расположения, обусловили сосредото-

ние вулканической депрессии на большом участке, размещенном внутри дуги, соединяющей вулканы, расположенные вокруг Б. Севана. В силу указанного выше обстоятельства, суммарный прогиб в пределах Большого Севана оказался практически по горизонтальной плоскости. Это подтверждает то, что с наружной стороны полукольца вулканов депрессия будет по наклонной поверхности, а внутри полукольца — по горизонтальной (рис. 46). Это горизонтальное дно ныне занято частью лавами, частью озером. На стороне, обращенной к озеру и лавовый рельеф получил в результате вулканической депрессии равные по величине вертикальные смещения вниз, а с наружной стороны — смещение по наклонной поверхности, погашающееся на периферии. То, что дно Б. Севана практически горизонтально видно из того, что здесь глубины колеблются в пределах 46—49 м на площади около 400 км<sup>2</sup>.

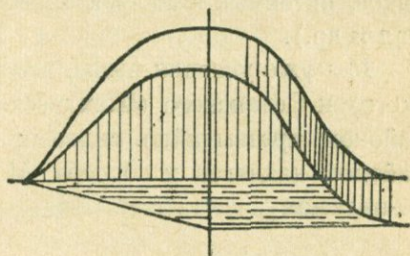


Рис. 46. Схема прогиба земной коры при полукольцевом расположении нагрузки.

Вторая вспышка вулканической деятельности имела место в начале четвертичного периода и проявилась на той же дуговой линии вдоль побережья Б. Севана, охватив также новый район вдоль современного М. Севана, но уже по прямой линии.

Не исключена возможность, что депрессия от первых лав была слабая, озеро было неглубокое и волнобойная деятельность еще более выровнила и без того плоское дно большой чаши. Не исключена возможность и того, что с течением времени озеро было полностью занесено. При второй депрессии, вызванной четвертичными лавами, благодаря наличию высокой запруды, Б. Севан вновь заполнился водой и отложения нового Севана перекрыли песчаный слой, которым было покрыто дно ранее занесенного озера.

Это последнее обстоятельство имеет существенное значение при разрешении вопросов мелиорации дна Б. Севана, после слива вековых запасов воды озера, так как нужно будет считаться с наличием песчаного пропластка в толще озерных отложений.

Заметим еще, что если в современных условиях грунтовые воды спускаются с северной оконечности Гегамских гор на соединение с подземным потоком, идущим из оз. Севан по направлению к долине р. Занга, то в дальнейшем, при искусственном понижении уровня озера, осуществляемом ныне в связи с постройкой на р. Занга каскада ГЭС, подземные воды при наличии вулканической депрессии, обеспечившей наклон пластов в сторону озера могут переменить свое направление и стекать уже в озеро (рис. 47) и тем сильнее повлиять на обеднение родников, питаемых ныне указанными водами (Макраванк, Рьдмал и др.).

Мы уже указали выше, что район Арегунийского (Гюнейского) и Севанского (Шахдагского) хребтов в древности был районом чрезвычайно сильных дизъюнктивных дислокаций, районом надвигов и сбросов. Можно сделать предположение, по-видимому, достаточно близкое к действительности, что дав-

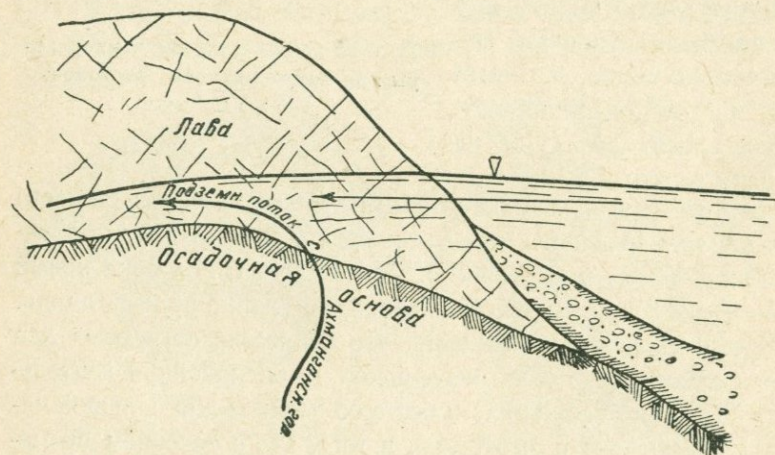


Рис. 47. Схема возможных изменений в питании Зангинских родников в связи с опусканием уровня озера Севан.

ление надвинувшихся масс непрерывно продолжается и теперь, но возможно с меньшей интенсивностью.

Давление масс как наземных, так и особенно глубинных, создает в земной коре продольное сжатие. Если рассматривать несколько параллельных вертикальных сечений земной коры в пределах сжатой зоны (рис. 48), то легко понять, что распределение масс в пределах каждого сечения не одинаково, — в верх-

них частях земной коры — более твердые частицы, в нижних — полужидкие, пластические; поэтому в верхних частях — слабое сжатие пластов, в нижних значительно большее давление, зависящее от глубины. Помимо этого, и в том и в другом случаях, очевидно, могут встретиться участки самой разнообразной сопротивляемости продольному сжатию. Иначе говоря, сопротивляемость массы продольному сжатию в различных точках не одинакова, т. е. симметрия отсутствует. При этом, сечения, передающие продольные силы, как говорится в механике, являются лишенными осей симметрии.

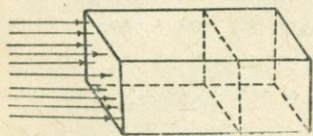


Рис. 48. Схема продольного сжатия земной коры

В этих условиях продольное сжатие обязательно сопровождается скручиванием, что вызывает поднятие на одном участке и опускание на другом.

Поясним нашу мысль примером.

Из механики известно, что если стержень подвергается продольному сжатию, причем «упорный нож» совпадает с главной осью сечения, то стержень дает продольный изгиб в плоскости главной оси. Если же «упорный нож» не совпадает с главной осью (рис. 49), то продольный изгиб происходит уже по пространственной кривой (5).

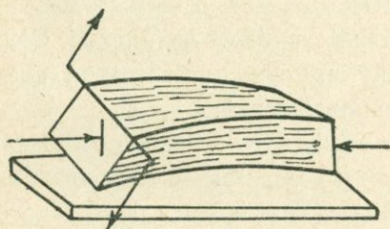


Рис. 49. Схема продольного изгиба по пространственной кривой.

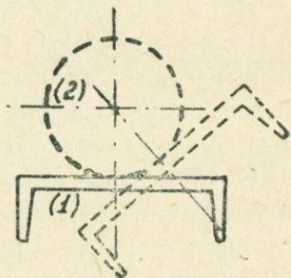


Рис. 50. Схема вращательного движения от продольного сжатия при несимметричном разрезе на примере швеллера.

В этом примере поднятие одного края и опускание другого происходит вокруг точки пересечения осей симметрии. Если же подвергнется скручиванию, положим, швеллер (рис. 50), то вращение будет происходить не вокруг точки (1), расположенной внутри контура сечения, а вокруг точки (2); скручиваемый

швеллер будет огибать окружность, проведенную вокруг, так называемого, центра изгиба, расположенного вне контура сечения [7]; иначе говоря, поднятия и опускания выразятся в этом случае более резко.

Это говорит за то, что давление масс дает тем больший эффект, чем сильнее оно затрагивает верхние слои литосферы, вызывая вертикальные перемещения местного характера. Мы обращаем внимание геологов на это явление.

Вдоль побережья оз. Севан, согласно геологотектонической карте К. Н. Паффенгольца, дизъюнктивные дислокации проявляются по всему фронту, надвиговые явления резче проявлены вдоль береговой полосы Б. Севана. Это говорит за то, что полоса земной коры, занятая озером Севан и его бассейном, должна считаться подверженной вертикальным смещениям.

Возвращаясь к вопросу о запруде Севанской чаши, укажем, что наименьшая точка запруды находится у сел. Чирчир, где р. Занга в настоящее время пропилила лавовую пряду на 5—10 метров. Таким образом, первоначальную отметку запруды можно считать кругло 1920 м. (после депрессии).

Русло р. Занги в современных условиях располагается на контакте лав с древними породами. До образования запруды река протекала несколько южнее.

Чтобы разобраться в вопросе о роли запруды в жизни оз. Севан, необходимо рассмотреть вопрос о самых высоких озерных и галечниковых отложениях на береговой полосе озера. Обследования показали, что действительно на береговой полосе имеются следы террас и озерных отложений.

С. С. Кузнецов указывает [43], что озерные отложения встречаются на разных отметках и поднимаются для центральной части озера на Арегунийском (Гюнейском) берегу до отметки 2000 м, т. е. на высоту 85 м над современным озером. А. А. Габриелян в результате обследования береговой полосы обнаружил озерные террасы на р. Памбак на высоте 107 м, а в юго-восточном углу озера, у сел. Загалу,— на высоте 185 м при отсутствии поблизости какой-либо речной системы (54).

К. Н. Паффенгольд оспаривает правильность определения С. С. Кузнецовым и А. А. Габриеляном некоторых террас, как например, в долине р. Тохлуджа, на высоте 85 м (Кузнецов) и на высоте 185 м у Загалу (Габриелян), приписывая в первом

случае террасы уступам, обусловленным сменой пород, а во втором случае галечникам, подвезенным для бетонных работ (66), при этом сам считает, что, несомненно, следы высокого стояния уровня озера имеются у с. Шоржа (Надеждино — в центральной части озера) на высоте 60 м (17).

Относительно отложений, найденных на высоте 185 м, А. А. Габриелян настаивает на своих данных, указывая на значительную протяженность озерных отложений.

На северной оконечности озера, кроме невысоких озерных террас высотой до 5 м, ничего не обнаружено.

Приведенные данные показывают, что в вопросе о наивысших следах высокого стояния озера намечается определенная закономерность. Если представим графически высотное расположение озерных отложений, то получим, что следы бывшего озера располагаются по наклонной прямой. Это определенно говорит за то, что чаша озера повернулась на определенный угол вокруг линии у города Севан (Еленовка) (рис. 51).

В результате рассмотрения карты оз. Севан, можно прийти к заключению, что Арегуни-Севанский берег озера, как наиболее отдаленный от лавовых центров, меньше всего подвергся вулканической депрессии и что береговую линию здесь можно считать практически не изменившейся. Такое предположение, возможно, не вполне точно отвечает действительности, но оно упростит наши расчёты, причём порядок цифр будет близким к действительности.

Из предыдущего можно сделать заключение, что на территории оз. Севан имели место две вулканические депрессии, разделенные по времени — одна в конце третичного периода, другая — в четвертичном периоде.

Первая по времени вулканическая депрессия должна была охватить, в основном, большую чашу озера.

Дуговое расположение вулканов вокруг чаши озера не могло не вызвать значительной депрессии в пределах озерной чаши.

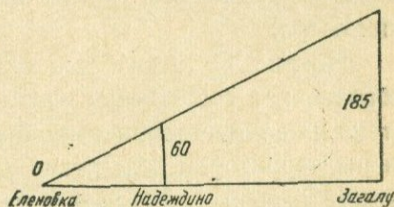


Рис. 51. Схема наклонения чаши оз. Севан по озерным отложениям.

Вторая депрессия расположена, в основном, против малой чаши озера и кроме того имеется депрессия против середины озера (вулкан Армаган). В пределах южного побережья озера вулканизм проявлялся слабее.

Общая схема вторичной депрессии нам представляется в следующем виде (рис. 52).

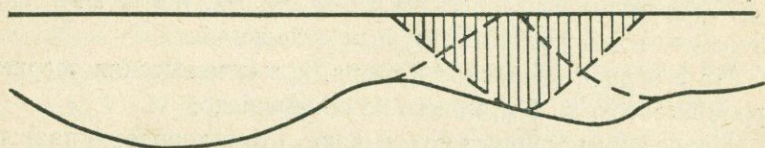


Рис. 52. Схема вторичной депрессии в районе оз. Севан от вулкана Армаган.

На схеме изображена северная часть вдоль Ахмангана (Гегамского хребта) и справа южная часть. Посередине между ними депрессия Армагана, на рисунке она показана умышленно в меньших размерах с учетом отдаления вулкана от средней линии озера.

На рис. 53, в качестве вероятной схемы показан процесс образования современной чаши оз. Севан в результате воздействия на данную территорию первой и второй депрессий, наклона территории вследствие кручения в промежутке времени между первой депрессией и настоящим моментом и запруды озерной чаши в районе истоков р. Занга.

При какой-либо другой схеме, не включающей обоснованные идеи вулканической депрессии и местного кручения, нельзя объяснить всего комплекса разнообразных явлений, наблюдаемых при изучении оз. Севан.

Если до спуска площадь зеркала озера была равна 1416 км<sup>2</sup>, то нет основания предполагать, что зеркало озера раньше было больше; наоборот, больше оснований считать, что это зеркало было значительно меньших размеров. Но во время образования вулканической депрессии озеро расширялось и углублялось, причем западный и южный берега понижались, площадь озера с течением времени увеличивалась. В этом процессе, как мы выше отметили, большую роль сыграл вулкан Армаган.

Ледниковой эпохе в Армении соответствовала плювиальная эпоха с повышенной водностью рек. Только в условиях ма-

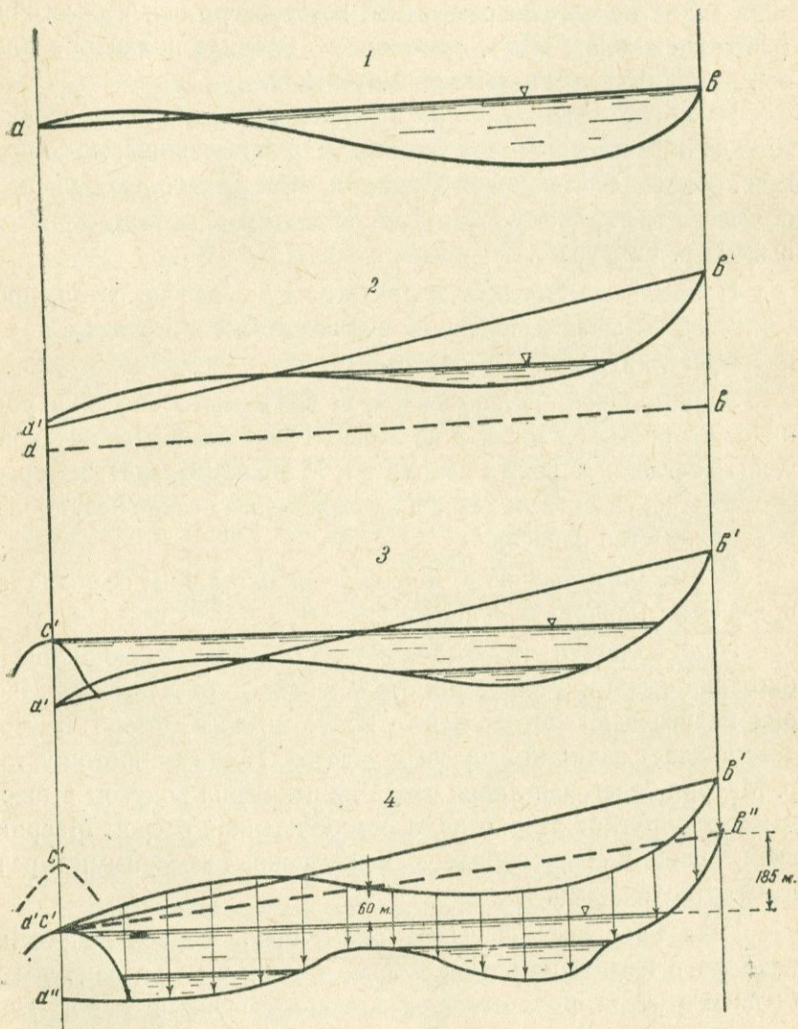


Рис. 53. Схема последовательного образования чаши современного оз. Севан.

1. Первая вулканическая депрессия, 2. Наклонение территории от кручения, 3. Появление запруды от лав, 4. Вторая вулканическая депрессия и современная озерная чаша.

лого испарения, связанного с малой площадью зеркала озера, с малой интенсивностью испарения и повышенного притока воды в озеро возможен был пропил Чирчирской гряды. В условиях идентичных современным, когда озеро почти бессточное (вытекает около  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ), возможность пропила широкой скальной гряды была бы весьма сомнительной.

Рассмотрим жизнь озера с гидрологической точки зрения. Еще до образования озера река блуждала по долине, но со времени образования чаши Б. Севана проток из него все больше и больше фиксируется, отжимаясь при этом к востоку конусом выноса р. Гаварагет.

Прорезая здесь порог и понижая тем уровень озера, проток все с большей интенсивностью углублялся, в связи с падением регулирующей способности озера.

Значительное количество рек Севанского бассейна родникового происхождения и не выносят наносов в озеро. Исключение составляют реки Гаварагет и Масрик (Мазра), которые несмотря на свое родниковое происхождение, все же несут большое количество наносов.

Общее направление р. Масрик — вдоль длины озерной чаши, а реки Гаварагет — поперек.

Надо полагать, что кручение и наклонение озерной чаши и бассейна озера и в наши дни столь велики, что выносы р. Масрик не успевают образовывать конус выноса, озеро быстро освобождает занятый выносами участок. Поэтому против устья р. Масрик береговая линия озера не искажена конусом выноса и имеет округлое очертание, а освобожденная озером Масрикская долина в современных условиях покрыта озерными и речными отложениями.

Река Гаварагет, согласно схеме, после первой депрессии впадала в проток из озера; позже, с образованием запруды и большого озера, река откладывала наносы уже в озеро. При этом поднятие устьевое участка реки от кручения и опускание от депрессии были практически одинаковы по размерам (рис. 53). Поэтому, в конечном счете, здесь отметки не изменились. На том же основании не изменились также отметки запруды, а следовательно, и уровня озера.

В связи с этим конус выноса р. Гаварагет, в противоположность р. Масрик, веками продвигался вдоль лавовой гряды в глубь озера.

Резюмируя изложенное, можем отметить, что в условиях вулканической депрессии все наблюдаемые факты, характеризующие те или другие стороны жизни озера и его бассейна, связанные с геологией, гидрологией, топографией и пр., логически можно объяснить. Становится ясным последовательный ход развития естественно-исторических процессов, а именно, как и когда образовался Б. Севан, в связи с чем появился М. Севан, как поднимался уровень озера, как и почему он опускался.

Становится ясным почему Б. Севан имеет сравнительно ровное дно, почему в пределах озера отчетливо виден конус выноса р. Гаварагет и нет выноса р. Масрик, а также происхождение и характер протока между Б. и М. Севаном.

В итоге можно отметить, что причина возникновения всех рассмотренных нами озер — Севана, Араксинского и Ахурянского одна и та же: все эти озера, находясь в вулканической области, обязаны своим происхождением исключительно вулканизму: на Севане — вулканическая депрессия и затек лавы, на Араксе — вулканическая депрессия и тектоническое поднятие, в Ахуряне — вулканическая депрессия и волновое поднятие. Поэтому правы те, которые указывают на запрудный характер Севана, правы и другие, которые указывают на тектонику, как на причину возникновения озера. Но также ясно и то, что ни та, ни другая сторона не представляла того единого начала, проявлением которого явился не только Севан, но и все остальные, указанные выше озера Армении.

В заключение рассмотрим вопрос о том, чем объяснить, что Ахурянское и Араксинское озера к настоящему времени оказались занесенными, а Севан сохранился, несмотря на почти одновременное возникновение этих озер. ,

При этом отметим, что первоначально Ахурянское озеро имело запруды высотой до отметки 1550 м, а к моменту исчезновения озера его уровень был на отметке 1425 м, т. е. опустился на 125 м. Араксинское озеро имело запруды на отметке 850—860 м и опустилось до отметки 750 м, т. е. примерно, на

100 м. Озеро Севан имело отметку 2066 м (до депрессии) и понизилось до отметки 1916 м, т. е. на 150 м.

Площади заркал озер, площади бассейнов, стоки и пр. приведены ниже в таблице.

Таблица 8

Наименование	Аху- рян	Севан	Аракс	Примечание
1. Площадь зеркала при высоком уровне кв. км.	800	1000	3250	Современная площадь озера Севан 1416 кв. км.
2. Макс. подпор м, . . .	170	150	170	
3. Макс глубина вместе с озерн. илом после спуска . . . . .	145	180	70	
4. Площадь бассейна км <sup>2</sup> . . . . .	5000	5000	60.000	
5. Ср. годовой сток рек и расход оз. млн. м <sup>3</sup> .	700	770	4500	По Севану дополнительно осадками на пл. озера 550 млн. м <sup>3</sup> . Эти воды не могли вызвать заиления чаши озера.

Данные таблицы и данные о мощности озерных глин показывают, что Ахурянское озеро было незначительное, оно заполнилось почти до половины глубины и прекратило существование по тектоническим причинам. Араксинское озеро заполнилось на 40% по высоте и прекратило существование в связи с пропилом порога, возможно, и по тектоническим причинам; при этом быстрому занесению озера способствовал значительный сток с громадного бассейна. Севан, идентичный по стоку с Ахурянским озером, имеет большую площадь и глубину. При этом продолжительное существование Севана, предопределяет более мощные озерные отложения, чем в Ахурянском (70 м) или Араксинском (50 м) озерах.

При этом отметим, что озеро Севан сохранилось до настоящего времени благодаря своей значительности как по площади, так и глубине депрессии, вызванной дуговым расположением вулканов.

ОРОГЕНЕЗ — ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БАЗА ВУЛКАНИЗМА  
ЮЖНОЙ АРМЕНИИ

## Механика орогенических движений

Выше мы рассмотрели отдельные процессы, сопровождающие вулканическую деятельность, выявили некоторые закономерности этих процессов и последовательность отдельных явлений при вулканизме.

В настоящей главе мы делаем попытку определить, что же именно является причиной появления вулканов в этой области.

Конечно, мы не предполагаем охватить этот вопрос в целом. Было бы крупной ошибкой упрощать явления природы, не считать их цепью факторов, тесно и органически связанных друг с другом.

В настоящей главе мы постараемся дать лишь канву для той энергетической базы, которая в совокупности с другими факторами (которых мы тут не рассматриваем) способствовала появлению вулканов в Южной Армении.

Вдоль Памбакского и Севанского хребтов и далее на юго-восток имеем полосу крупных тектонических сбросов и надвигов, более значительных на одном участке и менее значительных на другом.

Эта полоса сильных дизъюнктивных нарушений, начинаясь в Иране, пересекает р. Аракс и, направляясь на северо-запад почти по прямой линии, проходит вдоль оз. Севан, и минуя его, постепенно меняет свое направление на широтное, направляясь в сторону с. Гукасян (Амасия) и далее в Турцию. При этом полоса дизъюнктивных дислокаций в целом образует дугу большого радиуса, в общем параллельную реке Кура.

Эта дуга проходит вдоль вулканического массива Арагац в широтном направлении.

Сведения об этих нарушениях и об их расположении мы взяли из работы К. Н. Паффенгольца (12).

Рассматривая лишь вулканические массивы Араратской котловины, нам представляется, что именно располагающаяся по дуге полоса тектонических нарушений, окаймляющая вулканическую область в целом, и является той полосой через которую производится большое давление на синклираль малой кривизны Араксинской долины, в свою очередь, параллельной на этом участке р. Кура.

Горизонтальное давление, оказываемое на синклираль, очевидно, орогенического характера и является той силой, которая дополнила и подняла до высокой степени напряжение магмы в пределах вулканической области Южной Армении.

Согласно современным воззрениям, явления орогенеза и эпейрогенеза по существу не отделимы друг от друга. В дальнейшем мы сокращенно будем называть явление орогенезом.

В условиях синклинали горизонтальное давление, производимое на это крыло по закону «обратного свода», преобразуется в вертикальное давление на магму, в связи с чем и повышается напряжение в ней.

Таким образом, время начала вулканической деятельности нужно считать совпадающим, во-первых, со временем возникновения максимального горизонтального давления на синклираль и, во-вторых, — возможно, со временем завершения соответствующей эволюции самой магмы, способствующей при достигнутом напряжении проявлению вулканической деятельности.

Не исключена возможность, что одного лишь второго условия достаточно для возникновения вулкана.

Параллельно полюсам тектонических нарушений располагаются на отдельных участках области интрузии.

Известно, что в условиях продольного сжатия, которое имеет тут место, легко образуются сбросы большой амплитуды и расслаивания или, другими словами, появляются значительные скальвающие напряжения между горизонтальными слоями в толще земной коры. В связи с этим ослабляется кора, нарушается монолитность пластов, в основном, в горизонтальном

направлении, получается стремление к выпучиванию их, а следовательно, и к ослаблению на определенных участках земной коры вертикального давления от вышележащих слоев.

В этих условиях интрузии на этих участках являются вполне естественным явлением.

Интрузии, расположенные вдоль тектонических нарушений, занимая наиболее слабые участки земной коры, увеличивают жесткость коры и образуют пояс, при посредстве которого еще совершенней осуществляется орогеническое давление, способствующее вулканической дальности.

При таком подходе для Араратской котловины не может быть другого направления давлений и соответствующих им движений масс, как только с севера и северо-востока на юг и юго-запад, причем по всей полосе тектонических нарушений.

Но что представляют из себя по существу надвиги и сбросы, и почему на одном участке эти надвиги и сбросы выражены сильнее, а на другом слабее?

Основной причиной появления сбросов и надвигов является, конечно, давление.

Если основное продольное давление осуществляется в глубоких слоях, то на поверхности земли мы не будем замечать больших нарушений; если же передача давления осуществляется ближе к верхним слоям, то на основании законов механики, поверхностный слой в силу своего расположения не может воспринять больших давлений, и значительные вертикальные перемещения земных масс близ поверхности земли являются обстоятельством и средством, разрешающим верхним слоям не участвовать в передаче больших давлений.

Таким образом, если на том или другом участке мы не замечаем больших нарушений, вернее наблюдаем слабые нарушения, это может говорить или за малую величину давления, или за низкое расположение центра давления в условиях значительности последнего.

Кроме того, существует еще одно весьма существенное обстоятельство, которое могло увеличить масштаб тектонических нарушений на участке вдоль озера Севан и, в особенности, вдоль Б. Севана.

В юго-западной части бассейна озера Севан имеется вулканический очаг вдоль Гегамского хребта. Появление здесь зна-

чительного вулканического очага обязано большой близости давления на жесткую толщу вулканического участка. Но после извержения вулканов напряжение магмы на этом участке уменьшилось, и давление, действовавшее вдоль Севанского хребта еще до начала вулканической деятельности, дало новый импульс к движению земной коры в сторону озера в связи с тем, что противодействие ослабло.

На других участках, против других вулканов, мы этого не замечаем, так как очаги этих вулканов значительно отдалены от линии тектонических нарушений, т. е. от линий давлений.

Не только Севанский хребет, но и вся водораздельная полоса, разделяющая бассейны Куры и Аракса, обязана своим появлением этому значительному давлению, развившемуся между двумя жесткими плитами.

Это обстоятельство имеет весьма большое и глубокое значение.

Что именно орогеническое движение вдоль жесткой плиты дало импульс к возбуждению тут вулканической деятельности, может служить тот факт, что полоса основных давлений на северо-восточное крыло синклинали, совпадающая с полосой дизъюнктивных дислокаций, идет в значительной степени параллельно полосе расположения вулканических центров Айюцдорского и Гегамского хребтов, Аралера, Арагаца и, как видно из прилагаемой в конце текста карты, там, где линия давлений дает небольшую волну в плане, линия вулканов у Аралера идет параллельно ей. То же самое наблюдается там, где первая линия поворачивает в сторону Гукасянского района.

При этом само расположение тектонической полосы как бы предопределяет не только расположение, но и размер вулканических очагов.

Арагац с севера окаймлен тектонической линией и центр этой дуги практически совпадает с центром вулкана. То обстоятельство, что дуга обращена кривизной в сторону вулкана, способствует концентрации давления и его усилению. Контурная линия Арагаца при этом, как и следовало ожидать, располагается концентрично с тектонической линией.

Другое положение создается для Аралера. Здесь линия надвигов имеет обратную кривизну (точнее, линия надвигов имеет разрыв непрерывности), что вовсе не способствует концен-

трации давления, в связи с чем имеем вулкан значительно меньших размеров.

Против Гегамского хребта линия надвигов не имеет кривизны, имеет прямолинейное направление с волной у южной границы оз. Севан; соответственно располагается и полоса аральных вулканов, повторяя в своем расположении тектоническую линию.

### Возрасты изверженных пород

Этот вопрос мы предполагаем рассматривать лишь с энергетической точки зрения.

Аракатская котловина представляет синклинальную депрессию малой кривизны.

К. Н. Паффенгольц, на основании ряда соображений, считает смежную, прилегающую с севера Самхето-Гянджинскую зону, сложенной на жесткой плите.

При таком положении орогенические силы действительно должны были вызвать дислокацию в пределах полосы на стыке между двумя упомянутыми жесткими плитами.

Орогенические движения и силы, вызывающие их, нельзя считать действующими в основной, в твердой части земной коры; лишь магматическая масса является средой, осуществляющей орогенез. Магма является удобной средой для проявления сил и движений.

В предыдущей главе мы указали, что одной из мощных энергетических баз вулканизма Южной Армении является орогенез водораздельной полосы.

В связи с этим мы можем, разобравшись в возрастах пород, слагающих надвиговую полосу, перейти к возрастам лав.

Из дальнейшего будет ясно, что вулканическая деятельность требует создания условий, обеспечивающих движение магматических масс.

Не трудно понять, что для поддержания движения подкорковых магматических масс требуется жесткая кора, способная поддерживать необходимое для продвижения магмы давление. Если течение магматических масс происходит в относительно глубоких слоях, то земная кора, увлекаемая этим течением, будет меньше подвержена ослаблению; кора воспримет

при этом, в основном, вертикальные пластические смещения, приводящие к складкообразованию. Отрицательное влияние на цельность земной коры увеличивается при более высоком расположении движущихся магматических масс, когда последние располагаются непосредственно или близко под корой.

В последнем случае горизонтальное смещение земной коры, увлекаемой магмой, будет больше. При этом кора, в силу своей жесткости, будет сильно отставать от подкоровых масс, в связи с чем на отдельных участках земной коры появятся по причине значительных деформаций ослабленные трещинами участки.

Последние являются помехой для движения магмы, на этих участках не может быть поддержано необходимое для движения магмы давление. Прямым следствием такого положения на слабых участках будет инъекция магмы в земную кору. При этом, усилившаяся каменным каркасом (интрузией) земная кора вновь восстанавливает свою жесткость и обеспечивает тем самым давление, необходимое для дальнейшего продвижения магмы.

Итак, для возникновения вулканической деятельности недостаточно было одного лишь орогенического движения масс, необходимо было также усиление интрузивами слабых мест земной коры, увеличение жесткости пояса передачи.

Следовательно, говоря о возрасте изверженных пород, мы должны разобраться в вопросе возраста окаймляющих их интрузий, появление которых способствовало проявлению вулканизма.

Для выполнения этой задачи обратимся к трудам К. Н. Паффенгольца. В его трудах весьма широко и разносторонне охвачены геологические процессы, происходившие в этой полосе.

К. Н. Паффенгольц орогенез Муровдаг-Даралагязской зоны относит к верхнему эоцену, основываясь на том, что согласно дислоцированные верхне-меловые и средне-эоценовые отложения перекрыты трансгрессивно олигоценом (12).

Кроме того, по его же данным, на Бзовдальском хребте на вулканогенные породы среднего эоцена надвинуты известняки сенона. У сел. Джил, на берегу озера Севан, на известняковую

толщу верхнего сенона надвинута туронская вулканогенная толща (12).

Что же касается интрузивов, то К. Н. Паффенгольц относит их к двум периодам: к верхнему эоцену — основные и ультраосновные породы и к олигоцену — кислые породы.

Территориально интрузивы распределяются по К. Н. Паффенгольцу следующим образом: на Памбакском хребте — верхне-эоценовая; на Зангезурском (Конгур-Алангезском) хребте в пределах бассейнов рек Мегригет и Вохчи — громадная интрузия, прорвавшая осадочную толщу эоценового возраста, в северной части вулканогенный олигоцен (по Паффенгольцу, верхний олигоцен или нижний миоцен) и, наконец, Мегринская интрузия — постолигоценная (12). То же в районе озера Севан (17).

К. Н. Паффенгольц приводит также наблюдения о последовательном внедрении магмы в уже имевшуюся интрузию.

На основании карты К. Н. Паффенгольца, вдоль Севанского хребта и далее на юго-восток имеем с юга основные и ультраосновные интрузии, а с северной стороны — более поздние кислые интрузии.

Севернее г. Аралер имеем, главным образом, кислые интрузии.

Энергетический подход к определению возрастов лав основываем на следующем. Энергия орогенеза расходовалась или на создание горных кряжей из магматического и осадочного материала, или на образование интрузии, или на подготовку магмы к вулканической деятельности.

Все эти процессы имели место, за небольшими исключениями, одновременно.

Выше мы указали, что земная кора, увлекаемая движущейся магмой, отстает от последней, и в связи с этим в земной коре появляются ослабленные участки и что инъекция магмы в земную кору является в этих случаях фактором восстановления жесткости земной коры и обстоятельством, разрешающим осуществлять дальнейшее продвижение магмы.

В последней фазе энергия орогенеза идет на накопление кинетической энергии движущейся магмы и, возможно, на повышение потенциала ее напряжения, чем создаются условия, благоприятные для вулканической деятельности.

В дальнейшем, в связи с проявлением вулканической деятельности получается на участке с вулканами резкий спад напряжения в магме, благодаря чему увеличивается градиент напора для движущейся магмы. В результате происходит увеличение скоростей движения магмы и сдвиг коры в сторону вулканической области. В итоге получается вторичное ослабление земной коры на полосах перемещения магматических масс.

Далее наступает следующая фаза — неинтрузия, а в вулканической области в это время — сравнительное затишье, — действие местных паразитических вулканов на энергии от оседания тут земной коры. Энергия орогенеза расходуется в это время на неинтрузию.

По завершении последнего процесса вновь укрепляется земная кора, и создаются условия благоприятные для последующей фазы, — повторной вулканической деятельности.

Небезынтересно отметить прямую связь между расположением основных и ультраосновных интрузий в пределах Севанского района и расположением первой по времени лавы, а также между расположением неинтрузии и второй по времени лавы. Лавы и интрузии этих двух сроков занимают фронты по линиям движения масс, причем точно друг против друга. Такая же взаимосвязь наблюдается между лавами разных возрастов и соответствующими им полосами надвигов (см. карту в конце книги).

Такова последовательная смена фаз в вулканической области Южной Армении.

Зная время появления и плановое расположение интрузивных масс вдоль надвиговой полосы, можем наметить следующее относительное взаимное распределение по времени интрузивной и вулканической деятельности.

#### ПЕРИОДЫ

#### ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Эоцен-олигоцен. Образование водораздельных хребтов последовательно: Араратской гряды, Памбакского хребта, Севанского хребта, Зангезурского хребта.

- |             |   |
|-------------|---|
| Миоцен      | 1. Интрузии Зангезурского хребта.   |
| Плиоцен     | 1. Вулканическая деятельность Арарата, Арагаца, Вардениские (Южно-Севанские) лавы первой генерации. |
| (В. миоцен) |   |

2. Гегамские лавы первой генерации.
3. Первые паразитические вулканы: современный Арагац, Аралер и др.
4. Активизация дизъюнктивных дислокаций на северо-восточной полосе вдоль оз. Севан.

Постплиоцен: 

1. Вардениские лавы второй генерации.
2. Паразитические вулканы на Арагаце.
3. Сбросы под Араратом и Арагацем.
4. Периферические озера.

Плейстоцен — 

1. Бисвулканы Арарата и Арагаца, — Балыкгельские, Алуджа (см. ниже).
2. Трещинные лавы Арагаца.
3. Исчезновение периферических озер.
4. Гегамские лавы второй генерации.

Проведя некоторый анализ, можем отметить, что слабое развитие интрузий в пределах северной границы Арагац-Аралерского участка благоприятствовало здесь раннему и значительному проявлению вулканической деятельности.

На северо-восточном участке слабость земной коры тормозила проявление вулканической деятельности. Для создания последней потребовались промежуточные подготовительные этапы, а именно после образования высоких Севан-Арегунийских гор, интрузии двух сроков, в результате чего имела место эруптивная деятельность относительно слабой силы, осуществленная в два срока по частям.

Основанием для построения приведенной выше таблицы послужила последовательность явлений, с точки зрения развиваемой нами принципиальной схемы, а также следующее. Фаунистически доказано, что периферические озера в последней своей фазе существовали в постплиоцене. Араксинское озеро имеет несколько слоев озерных глин и в последней стадии было на продолжительное время (судя по мощности озерных глин) подпружено в результате тектонического поднятия у Неграма. Поэтому можем считать, что, в основном, Араксинское озеро существовало в постплиоцене. То же относится и к Ахурянскому и Зангинскому озерам. Образование вулканической депрессии по существу — процесс не особенно продолжительный, поэтому естественно отнести начало его к плиоцену.

Помимо сказанного выше, нами использован при составлении таблицы также ряд данных, относящихся к региональной геологии. Помимо этого, как будет указано ниже, для протекания тектонических процессов на М. и Б. Кавказе имело существенное значение Сарматское море, относимое к верхн. миоцену. Таким образом, для приведенной таблицы должна считаться обоснованной не только взаимосвязь отдельных элементов таблицы, но и начальное и конечное время тектонических процессов.

Проследим, как освещают вопрос геологии и возраста лав специальные работы геологов, работавших в пределах Араратской котловины, и в какой степени данные предлагаемой нами таблицы согласуются с данными этих работ.

В петрографической характеристике лав исследователи не расходятся, но имеются расхождения в определении возрастов лав и подстилающих их осадочных пород; отмечается некоторое расхождение и в их стратиграфических взаимоотношениях.

Все исследователи считают г. Арагац вулканом. К. Н. Паффенгольц считает, что основной массив Арагаца — брахиоантиклиналь и что массив окружен по своим склонам рядом четвертичных вулканов.

В пределах Араратской котловины лавы встречаются на Арагаце, Арарате, в бассейнах оз. Севан, р. Воротан и в других местах. Ф. Освальд считал Арагац, Арарат и все другие крупные вершины М. Кавказа четвертичными (39), В. В. Богачев считает, что извержения на М. Кавказе не древнее верхнего миоцена (24). П. И. Лебедев после продолжительного изучения массива Арагац пришел к выводу, что он образован весьма сложным комплексом вулканических пород, относящихся к концу третичного и началу четвертичного периодов (25).

Г. Абих считал вулканогенные толщи в указанных районах четвертичными (41); Б. Л. Личков считает очень продолжительным период извержений Арагаца, начиная его с олигоцена или миоцена и кончая началом четвертичного периода.

К. Н. Паффенгольц рассматривая геологическое строение Араратской котловины, дает свое определение возрастов лав. Если все предыдущие исследователи придерживались мысли, что вулканическая деятельность подлежит отнесению, в основ-

пом, к периодам, начиная с верхнего миоцена до четвертичного включительно, то К. Н. Паффенгольц идет на коренное изменение этих представлений, относя первые лавы к олигоцену, даже к нижнему олигоцену.

### Направление орогенических движений

Вопрос об орогенических движениях в геологии вообще является одним из самых сложных.

По этому вопросу в геологии существует немало разных теорий, кстати сказать, быстро сменяющих друг друга.

Мы хотели бы дать наши некоторые соображения по этому вопросу.

При разборе условий, создавшихся в надвиговой полосе, мы дали характеристику и динамику этого движения. Мы указали, что направление движения в пределах рассматриваемого района должно быть определено с севера, северо-востока на юг, юго-запад. Это положение у нас непосредственно вытекало из условий нагромождения надвинутых масс, из условий размещения интрузивов, из условий образования водораздельной полосы между бассейнами Куры и Аракса.

Существует метод определения направления орогенических движений путем детального изучения дислоцированных масс в пределах надвигов и поддвигов. При этом считают, что движущаяся полоса подвергается дислокации и раздроблению в большей степени, чем та полоса, на которую наступает первая. Иначе говоря, движущаяся масса разрушается больше, чем сопротивляющаяся.

Эти соображения, нам кажется, не могут считаться руководящими. Эта идея, видимо, базируется на принципе удара двух тел. И действительно, из физики известно, что если имеет место удар двух однородных тел и притом первое из них имеет большую скорость, чем второе, то при ударе подвергается разрушению в большей степени первое, нежели второе.

В этом явлении главными обстоятельствами считаются инерция движущихся тел и однородность их.

Переходя к условиям, имеющим место в надвиговой полосе, легко установить, что ни первого, ни второго условия здесь нет.

Оценка дислокации, тем более интуитивная, без объективного мерилла, не может служить достаточным основанием для определения направления орогенических давлений. Весьма трудно оценить путем осмотра на месте, имеет ли место надвиг или поддвиг; эти два движения относительно, поэтому они должны быть обоснованы не только осмотром дислоцированных полос, но и какими-либо дополнительными соображениями.

Мы полагаем, что для лавовых районов этими дополнительными соображениями могут быть следующие:

Направление движения должно быть всегда от надвиговой полосы в сторону вулканической зоны.

В разделе о «Возрасте изверженных пород» это положение в достаточной степени обосновано.

К этому можно добавить еще то существенное обстоятельство, которое легко подметить на нашей карте, приложенной в конце книги. Каждая фигура надвиговой, сбросовой полосы повторяется на расстоянии 50—60 км фигурой, образуемой полосами отдельных вулканических конусов. Это надо понимать в том смысле, что если на указанном расстоянии изобразить фигуры надвигов и сбросов, то можно охватить почти все вулканические конусы.

По существу можно сделать два предположения. Именно, что в условиях напряженного силового равновесия под земной корой вулканическая деятельность после своего проявления вызвала ослабление напряжения магмы в зоне вулкана, а в связи с этим,двигающаяся магма получила дополнительный импульс, что в свою очередь, послужило причиной соответствующей дислокации в пределах надвиговой полосы.

Такое предположение предопределяет первоначальное появление вулканической деятельности и затем лишь появление дислокации в надвиговой полосе.

Такое предположение заставляет относить начало вулканической деятельности к значительно более раннему периоду, чем тот, который установлен на основании геологических исследований.

Другим обстоятельством, говорящим против такого предположения, является также и то, что линии, соединяющие вулканические возвышенности, охватывают вулканы разной величины поэтому зоны, на которые распространяется действие

каждого из них, должны были быть различны по величине, между тем как линия дислокаций почти фотографически повторяет очертание линии расположения вулканов и, очевидно, не находится в зависимости от размеров вулканических очагов.

Наконец, на примере Арагаца мы знаем, что зона действия этого мощного вулкана выклинивается уже на расстоянии 45 км, в то время как даже для небольших вулканов Варденисского и Гегамского хребтов, если считать, что импульс к дислокациям надвиговой полосы дали вулканы, пришлось бы считать, что эта зона распространялась на 50—60 км.

Приведенные соображения говорят за то, что этот вариант не выдерживает критики.

Нам представляется, что более правильным нужно считать обратное течение процессов. Именно, что сбросы и надвиги образовались первыми, первыми они получили, как говорится в механике, свой «штамп» от подкоровой магмы и эта же магма под влиянием орогенического перемещения и соответствующей на этом пути эволюции достигла того состояния, при котором обеспечилась вулканическая деятельность.

Накладка «штампа» вначале и наличие вызванной им же впоследствии конформной фигуры вулканов, дает нам ключ к выявлению переменного во времени направления орогенических движений, интенсивности движения магматических масс и данные о последовательности изменений в направлениях этих движений.

Нет сомнения, что движение самой земной коры при этом должно быть значительно медленнее, земная кора должна постоянно отставать.

Нельзя не отметить и того замечательного обстоятельства, что в некоторых случаях движущиеся массы, как это явствует из карты, при подходе к средне- и нижне-эоценовым толщам отклонялись от своего первоначального направления движения. И действительно, если снять на восковку план реки Тертер и наложить его на план Тертерской вулканической группы, то можно заметить совпадение этих планов в целом, и только лишь в западной части, примыкающей к эоценовым вулканогенным толщам, линия вулканов отклоняется, сохраняя однако конфигурацию.

Это указывает на то, что магматическая масса здесь встре-

тила препятствие для дальнейшего прямолинейного продвижения и, так как угол подхода был острым, получилось отклонение от направления движения.

Надо полагать, что подобное явление говорит, с одной стороны, о значительной мощности плиты в пределах вулканогенной толщи, и с другой, — о движении магмы, в основном, в верхних подкорковых слоях.

Надо отметить, что на карте зависимости вулканов от дизъюнктивных дислокаций полосы вулканических вершин включают вулканы, вообще говоря, лишь четвертичные, но здесь, хотя и редко, могут встретиться вулканы и верхне-третичные. Такое возможное смещение возрастов лав можно объяснить тем, что имевшиеся ранее, первоначально незначительные дизъюнктивные дислокации, охваченные в дальнейшем (в плиоцене) более поздним орогеническим движением, частично активизировались и дали новые ветви. Это обстоятельство, в свою очередь, послужило в четвертичном периоде базой для развития новой значительной вулканической деятельности.

В нашем представлении основной причиной орогенического движения, вернее, течения пластических масс, являются понижения платформ, в основном, океанических и морских, с выдавливанием пластической массы (Крапоткин и др.). При выдавливании происходит перемещение пластических масс из-под платформ и в дальнейшем образование горных кряжей на краю или за пределами платформ. При этом, в связи с неглубоким залеганием движущихся масс, горные кряжи, обычно глубоко сидящие, могут служить до некоторой степени препятствием при перемещении под ними пластических масс. Надо полагать, что горные хребты, на которых имеются надвиги и сбросы, имеют сравнительно неглубокое основание, поэтому образование новых параллельных горных кряжей происходит рядами, нарастающими навстречу орогеническому движению, каковое обстоятельство неоднократно отмечалось (48).

Понижения и уплотнения платформ подтверждаются рядом гравиметрических наблюдений, показывающих, что величина силы тяжести на возвышенностях часто ниже нормальной, а на низменностях и над океанами — выше, в связи с чем, как принято говорить, под возвышенностями имеем дефицит масс, а под океанами и низменностями — избыток.

При этом наибольшую скорость приобретают пластические массы при своем течении под океанами и морями. Это объясняется тем, что под океанами сжатие земли сильнее, а потому и кора плотнее.

Средняя глубина океана 4,3 км, температура на дне  $0^{\circ}$ , под сушей же, на том же уровне она равна около  $140^{\circ}$ , а потому и геотермическая ступень под океанами больше, и опускание коры на этом основании должно совершаться скорее (47).

Здесь необходимо отметить, что Кобер (1921 г.) предполагал раздельное движение пластических масс в верхних и нижних слоях. В верхних слоях движение в сторону платформ (форланда), а в нижних — в обратном направлении. При этом он считал обязательным наличие двух параллельно действующих с противоположных сторон платформ. Зюсс придерживался того же взгляда при наличии односторонне действующего орогена (47).

Мы не находим такое представление обоснованным. Технически невероятно наличие на одном и том же участке двух внешних диаметрально противоположно вращающихся моментов.

В нашем представлении имеется лишь одно движение от платформ в горную область при отпоре со стороны глубоко сидящих хребтов, а при отсутствии таковых, — со стороны значительных, впереди расположенных пластических масс.

Последовательная смена морей Сарматского, Понтического и Каспийского сопровождалась изменением береговой их линии. В соответствии с изменением положения их береговой линии также изменялось на Кавказе и направление движения подкорковых пластических масс. Это подтверждается расположением, выдвигаемых нами впервые, так называемых, бисвулканов (см. ниже).

Не исключаем того обстоятельства, что взаимная близость Аравийской и Русской платформ со встречными от них движениями магматических масс и создали благоприятные условия для вулканической деятельности в пределах М. Кавказа.

Верхним частям литосферы в нашем представлении принадлежит весьма пассивная роль. Они передвигаются, надвигаются и складываются под влиянием движения более глубоких горизонтов.

Лишь слабостью земной коры, относительно малой мощностью ее, можно объяснить появление интрузивов, появление надвигов и сбросов и связанного с ними вулканизма.

Лишь в слабости земной коры и подкорковых масс, в их относительно слабом сопротивлении переменным во времени магматическим силам, а также и в характере рельефа Земли кроется основная причина повсеместного на Земле развития вулканогенных продуктов в прошлом, начиная с весьма древних периодов, вплоть до настоящего времени. С течением времени все больше и больше упрочняется земная кора, в связи с этим уменьшается частота проявления вулканизма на Земле.

Как было сказано выше, интенсивность сжатия Земли в пределах морей и низин и в горных областях различна, поэтому само сжатие неравномерно распределяется по поверхности Земли: максимум его совпадает с зоной морей и низин, а минимум — с горными областями.

Указанное обстоятельство, в свою очередь, должно было вызвать на основе изостазии подъем земной коры за пределами

зоны опускания. Чем значительней зоны низин и морей, тем значительней и выше горные зоны.

Избыток массы в толще земной коры в зонах опускания и недостаток ее в зоне поднятия, неизбежно должны были вызвать передвижение земной коры и выжим подкорковой магмы из-под низин и морей в сторону горных возвышенностей (рис. 54).

И действительно, благодаря наличию арктической зоны и значительных низин Сибири на севере и Индийского океана на юге создалась широкая горная экваториальная полоса Азии.

Рис. 54. Схема сдвижек земной коры из-под низин и морей в сторону горных возвышенностей.

Опускание низин не всегда отставало от опускания моря, и возможно, правильней будет предполагать, что большие реки Сибири: Обь, Енисей, Хантага в устьевых частях имеют не дельты, а губы, потому

что в этих местах имеет место более интенсивное опускание указанных низин.

Возможно, что в периоды более интенсивного опускания некоторые низины иногда покрывались водой ближайших морей и вода подступала к горным возвышенностям, расположенным в глубине низины.

Конечно, не исключалась возможность образования горных возвышенностей и непосредственно у береговой полосы в результате орогенического движения, шедшего со стороны моря.

Подобные картины мы часто видим на берегах многих морей и океанов, а именно: вдоль западного берега Северной и Южной Америки, на южном берегу Черного моря и во многих других местах.

Движение магматических масс под влиянием опускания одних зон и подъема других, как было указано выше, должно быть от низины к горной полосе. Образование новых горных массивов должно идти при этом навстречу орогеническому движению. Это значит, если орогеническое движение имеет направление, положим, с севера на юг, то сначала будут слагаться дальние от моря горные хребты, а затем лишь ближние, и во всех случаях в первую очередь южные полосы гор, а затем лишь под конец, северные.

Поскольку границы суши и моря переменны во времени, будут переменны также направления и скорость движения масс.

На каждом данном участке указанное движение масс то активизировалось, то замедлялось, то практически совершенно прекращалось на долгое время.

В этом существенное отличие излагаемой теории от оставленной теперь контракционной теории, базирующейся на общем сжатии Земли.

В условиях Араратской котловины орогенические движения должны были идти с севера, северо-востока, т. е. со стороны Сарматского, Понтического и Каспийского морей и широких прибрежных низин на юг, юго-запад.

При этом М. Кавказ, как более удаленный от морей, должен был образоваться раньше, чем Б. Кавказский хребет, если даже относить их к одному и тому же периоду.

При этом моря надо рассматривать, конечно, не в современных границах, а в переменных границах того периода, о котором идет речь.

Таким образом, еще до появления Б. Кавказского хребта от Сарматского моря и обширных его береговых низин имелось орогеническое движение почти в меридиональном направлении. С появлением же Б. Кавказского хребта и опусканием в послесарматское время Каспийской и Приаральской областей и низового Поволжья, составляющих по А. Архангельскому одно тектоническое целое (48), море могло действовать лишь с северо-востока. Поэтому надо признать, что для М. Кавказа северное орогеническое движение древнее, чем северо-восточное.

В пределах же самого М. Кавказа сначала появилась «гряда Арарата», ориентированная на Сарматское море, дизъюнктивные дислокации которой создали условия для возникновения вулкана Арарат, затем современная гряда Арагаца, или иначе Кура-Араксинская водораздельная гряда, ориентированная на то же Сарматское и Понтическое моря, потом гряда Аджаро-Триалетская и, наконец, комплекс Б. Кавказа и лишь в следующую очередь северо-восточная часть Кура-Араксинского водораздела.

На основании вышеизложенного могло иметь место встречное движение магматических масс и с юга на север, со стороны Средиземного моря и низин Тигра, Евфрата, Месопотамии, которые в миоцене были покрыты водой.

Во всяком случае, в Иране вулканическая область между Урмийским озером и Каспием образовалась в результате сильных дизъюнктивных дислокаций в Кушедагском хребте. Эти дислокации описаны В. В. Богачевым [24]. Это говорит опять-таки о движении на этом участке масс с севера на юг.

Вулканы, окаймляющие дугой оз. Ван, могли бы базироваться на дизъюнктивных дислокациях Таврского хребта, располагающегося в широтном направлении вдоль южного берега оз. Ван, и тем подтвердить движение масс с юга на север со стороны Средиземноморских областей. Но по тектонике Таврского хребта подробных данных мы не имеем, кроме указаний Освальда о значительном тектоническом сбросе вдоль хребта, образовавшего с северной стороны депрессию Муш-Ванского озера.

Отметим, что оз. Урмия расположено в стороне от Средиземноморского орогена, а оз. Ван приходится против восточной оконечности Средиземного моря в границах миоценового периода, и могло бы быть под влиянием последнего. В последнем случае оз. Ван можно было бы рассматривать как аналог оз. Севан, которое, как и оз. Ван, находится близко от главного пояса тектонических нарушений, окаймляющего вулканическую область М. Кавказа с севера.

### Соображения о сущности вулканизма

Несколько слов о сущности вулканизма. Магматическое течение, надо полагать, является скорее не сплошным, т. е. одинаковым по значительному фронту, а течением разбивающимся на отдельные потоки с неясными в поперечном сечении границами.

Выше мы указали, что в пределах полосы надвигов и сбросов подкоровая магма накладывает свой штамп на земную кору, вызывая в ней дизъюнктивные дислокации.

Надо отметить, что накладка штампа магмой не может происходить иначе, как с затратой соответствующего количества энергии.

Также несомненно, что сбросы представляют явления, происходящие в течение короткого промежутка времени (59), но не настолько, чтобы считать это явление развивающимся катастрофически.

В этих условиях магма, накладывая свой штамп на литосферу, сама подвергается «закалке».

Из механики известно, что если в растягиваемом упругом бруске напряжение довести до предела упругости и даже до критического напряжения, а затем снять нагрузку, то в бруске остаются, так называемые, остаточные деформации.

При повторном растяжении критическое напряжение оказывается уже значительно более высоким, чем при первоначальном растяжении.

Иначе говоря, сопротивление материала растяжению увеличивается, т. е., как говорят, материал закаляется (3).

Это означает, что закаленный материал, доведенный до определенного напряжения, даст меньше удлинения, меньше деформации, чем при тех же условиях незакаленный.

Работа, произведенная магмой и приводящая к сбросу, вызывает разряжение потенциальной энергии магмы, резкое падение напряжения и, как результат этого, — «закалку» магмы, ее кристаллизацию с частичным выделением газов, остающихся в магме.

Усиление эффекта «закалки» надо ожидать в зоне основного сброса, а также на частных сколах внутри поднятого массива, так как на этих участках имеет место не только расход энергии на поднятие крыла, но и на преодоление сил трения.

И если согласиться с гипотезой о радиоактивном тепле, как основном факторе также и в явлениях вулканизма, то в нашем освещении надо считать, что наибольшей радиоактивностью интрузирующая магма должна обладать именно на плоскостях скольжения, — это обстоятельство имеет весьма важное практическое значение.

Последнее указание находит подтверждение в наблюдениях. В иностранной литературе описываются систематические исследования, проведенные на радиоактивную руду в районе Бурмалак (Канада), давшие возможность обобщить результаты исследований. «Выдающимся достижением отмеченных исследований является то, что они обнаружили относительно низкую активность пород в центральной обнаженной части батолита по сравнению с краевыми участками этого же тела» (64).

Получив «закалку» в результате дизъюнктивной дислокации, магма при дальнейшем своем продвижении приобретает возможность «зажечь» вулканическую деятельность, повторяя плановое расположение сбросов (протуберанцы на солнце).

При этом магма (далее мы уже цитируем установившееся представление) «переходит в неустойчивое состояние. При некотором нарушении равновесного состояния магма быстро меняет свою структуру, повышает температуру, как бы осуществляя самовозгорание».

Образующиеся при этом газы бурно выделяются из магмы, охватывая все большие и большие зоны, и начинается вулканическая деятельность.

При таком новом освещении процесса, хотя и весьма общем, одним из условий проявления вулканизма в Араратской

котловине, да и вообще в других местах, является «закалка» магмы, осуществленная далеко в стороне, в области дизъюнктивных дислокаций.

Надо полагать, что именно этим объясняется конформное расположение полос вулканов и дизъюнктивных дислокаций при неизменном в условиях Армении расстоянии между указанными полосами в 50—60 км (см. карту). Одновременно это говорит и за то, что вулканическая деятельность, как правило, не связана с местными условиями территории вулкана.

Еще на первых страницах нашей работы мы указывали на значение пластической зоны для процессов, связанных с проявлениями вулканизма.

Рассматривая этот процесс, остановимся несколько подробнее на вопросах пластического состояния материи, разработанных наукой по существу лишь в последние десятилетия.

Известно, что материя может существовать в двух основных состояниях — в упругом и пластическом. Первое состояние характеризуется тем, что тело под влиянием внешних сил упруго деформируется, и не имеет место остаточная деформация, поэтому по снятии нагрузки тело приобретает свои первоначальные размеры. В упругом состоянии между силами и деформациями существует прямолинейная зависимость, при этом сами деформации, вообще говоря, незначительны.

Пластическое состояние характеризуется тем, что хотя при нем деформации тоже находятся почти в прямолинейной зависимости от сил, но деформации не упруги, возможна остаточная деформация без разрушения, и эта деформация во много раз больше упругой (6). Условием, необходимым для существования пластического состояния, является высокое давление и высокая температура. Пластические движения могут возникнуть и при действии незначительных дополнительных напряжений, если они действуют в течение очень большого времени. В этом отношении ярким примером является деформация горных пород, происходящая в земной коре часто без разрушения (6). Поэтому лишь в верхних слоях литосферы породы могут быть в упругом состоянии; в глубоких слоях, где давление и температура велики, породы не могут быть в упругом состоянии, они должны быть в пластическом состоянии.

Сопrotивление материала при пластической деформации падает с повышением температуры; кроме того, на сопротивление материала сильно влияет химическая или механическая примесь газов. Наличие последней накладывает свой отпечаток на зависимость между напряжениями и величиной пластической деформации (6). При повышении давления, а следовательно, и напряжения в теле, пребывающем в пластическом состоянии, происходит медленное разрушение структуры, причем перемещение кристаллических зерен сопровождается частичным разрушением связи между частицами материала (6).

Граница между пластической и упругой средой не является резко очерченной. Упругое состояние переходит в пластическое, постепенно и часто сопровождается глубокими язычками, входящими в упругую среду, в особенности на участках с разрыхленным материалом или пустотами в упругой среде (6).

В качестве отдаленной схемы зависимость между деформациями и напряжениями при разных температурах  $T$  может быть представлена пучком линий (рис. 55).

С другой стороны, известно, что при внезапно перерывающихся нагрузках происходит разупрочнение материала (6), что выражается в сдвиге кривых деформаций (рис. 56) вниз

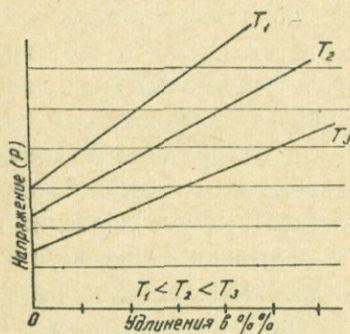


Рис. 55. Зависимость между деформациями и напряжениями при разных температурах.

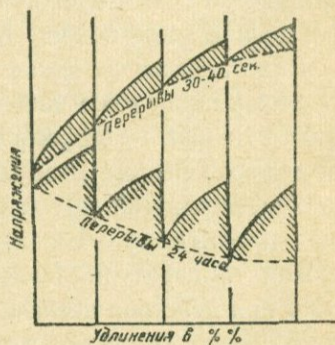


Рис. 56. Сдвиги кривых деформаций в условиях прерывающихся нагрузок.

на величину, зависящую от продолжительности перерывов между моментами приложения нагрузки.

Механизм вулканизма весьма схематически можем представить по рис. 57, основываясь на том, что: 1) вулканическая

деятельность, как показывают наблюдения, часто проявляется многократно, порой с большими интервалами, 2) последующие извержения возможны при дальнейшем пластическом расширении лавы и при более низком напряжении, но в условиях все большего и большего повышения температуры в подкорковых пространствах (в природе расширение тел происходит или за счет падения напряжения, или за счет повышения температуры, или за счет того и другого одновременно), 3) лавы последних излияний (Арагаца, Армагана и др.) происходили при высокой температуре и были в связи с этими жидкоплавкими, 4) интервалы между излияниями лав тем меньше, чем выше температура магмы, 5) во время проявления вулканической деятельности имеет место понижение давления в определенных пределах и 6), наконец, начальные и конечные лавы, как то наблюдалось на вулкане Арагац, были по объему незначительны (25).

На схеме представлены варианты: а) единого вулканического цикла и б) извержения в три цикла, как это, по мнению П. И. Лебедева, имело место на Арагаце. На схемах рыбками представлены границы колебаний давления при вулканической деятельности.

По направлению лучей происходит деформация пластической массы при разных повышающихся абсолютных температурах.

Волнообразные линии соответствуют интервалам между извержениями, когда энергия затрачивается, в основном, на повышение температуры магмы. При этом осуществляется переход на следующую линию, изображающую зависимость между напряжением и деформацией, и соответствующую более высокой температуре.

За пределами рыбки — прекращение извержения, спад температуры и напряжения. С этого момента начинается вулканическая депрессия. Можно сделать предположение, что относительно высокая температура, обязательная по нашей схеме для конечных извержений, является обстоятельством, вызывающим значительное выделение газов и пузырчатой лавы.

И действительно, на Арагаце извержения пузырчатой лавы являлись по П. И. Лебедеву последними извержениями (25);

в Севанском бассейне пузырьчатые лавы, относимые К. Н. Паффенгольцем к типу Е, также были последними (17).

Наше представление дополняет современный взгляд на вулканизм. Так С. С. Кузнецов говорит: «накапливается все больше доказательств к тому, что магму следует рассматривать как природный силикатный раствор, состояние которого в главном зависит от температуры и давления».

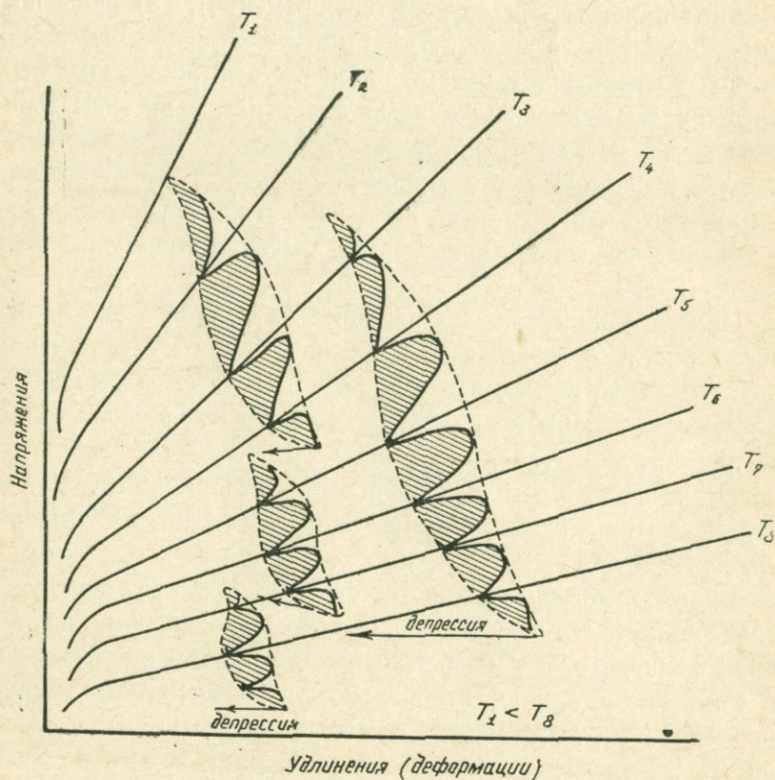


Рис. 57. Схема механизма развития вулканизма и депрессий для массива Арагац.

Находясь на большой глубине, в области высоких температур, магма нагрета настолько, что вещества ее должны бы быть не только в огненно-жидком, но даже в газообразном состоянии. Однако, по-видимому, магма представляется в виде пластичного, но все же достаточно твердого вещества.

Это происходит от того, что магма находится под громадным давлением вышележащих каменных масс. При изверже-

нии же условия меняются, давление уменьшается, и перегретая магма переходит в огненно-жидкое, а частью в газообразное состояние. Все это должно сопровождаться огромным, невероятно быстрым увеличением объема поднимающихся масс, появлением различных химических элементов, которые начинают перегруппировываться в новые соединения» (44).

В нашем изложении явление вулканизма получает дополнительное освещение в связи с указанием на одну из основных причин появления вулканизма, а именно, — «закалку» магмы на дизъюнктивных дислокациях; кроме того, на основе законов пластичности, раскрывается вероятная картина развития вулканических эффузий от нарастания температуры и энергии массы в течение всего периода вулканических извержений; в последующей фазе вулканизма отмечается возникновение вулканической депрессии и появление вызванных ее энергией паразитических вулканов, экструзий и малых интрузий, которые располагаются по расходящимся кругам.

Окончание вулканической депрессии указывает на завершение затухания вулкана.

### Бисвулканы

Невольно напрашивается вопрос, — если наличие полосы дизъюнктивных дислокаций обусловило возникновение вулканической деятельности на расстоянии 50—60 км, то такой же вулканической деятельности мы могли бы ожидать и от сбросов, образовавшихся под массивами таких гигантов, как Арагац и Арарат.

И действительно, в результате сбросов самого Арагацкого массива образовались, как нам представляется, вулканы группы Алуджа (рис. 58).

Для доказательства того обстоятельства, что дизъюнктивные дислокации под Арагацким массивом родили новую группу вулканов, мы приводим карту Арагаца, с перенесенными на нее толстыми линиями расположения группы вулканов Алуджа (рис. 59).

Эта карта показывает, что вулканические вершины группы Алуджа действительно располагаются на радиальных и концентрических линиях, каковыми только и могли быть сбросы

Арагаца. Также становится понятным, почему группа Алуджа не имеет основного центрального вулкана.

Если измерим расстояние от центра Арагаца до центра группы Алуджа, получим 65 км, т. е. расстояние того же порядка, какое имели для ранее рассмотренных нами вулканов. Некоторое превышение в расстоянии против прежних можно объяснить более жидкой консистенцией лавы под данным вулканическим массивом.

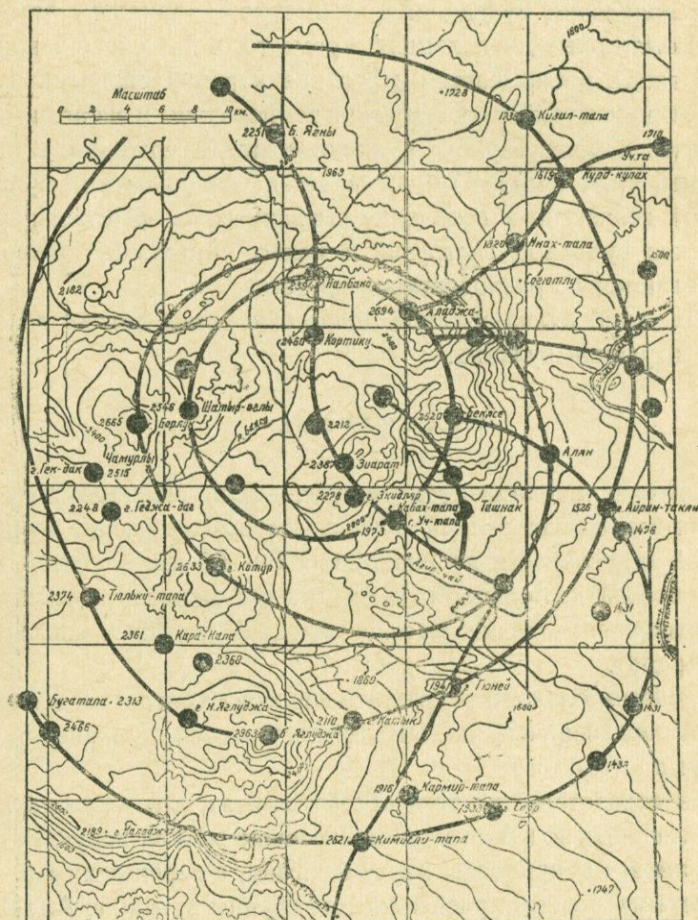


Рис. 58. Вулканическая группа Алуджа—бисвулканы Арагаца.

Это говорит за то, что надо считать весьма вероятным, что группа Алуджа появилась позже Арагаца, и появилась она из

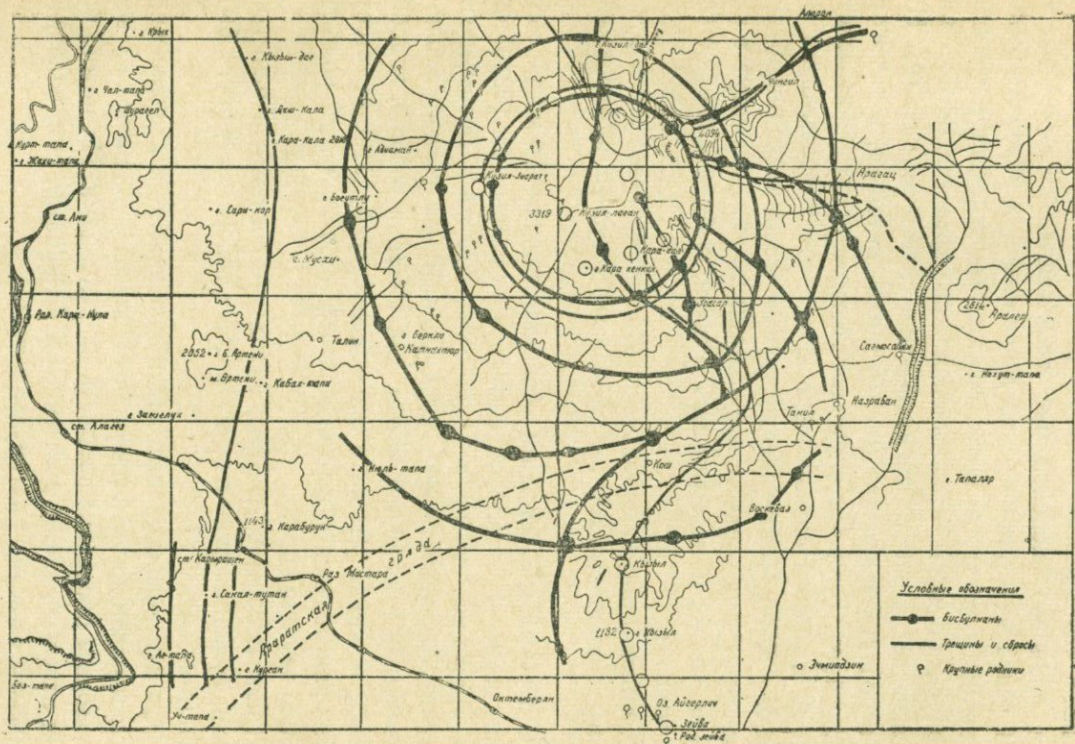


Рис. 59. Депрессионные трещины горы Арагац, выявленные бисулканами.

магмы, получившей импульс к вулканической деятельности от закалившейся магмы под сбросами Арагаца.

Приведенное еще раз подтверждает, что дизъюнктивные дислокации, достигнув определенных размеров, рожают новые вулканы и что при этом плановое расположение вулканов повторяет плановое расположение дислокаций.

В условиях вулканической депрессии при сбросах крыло, обращенное к центру вулкана, опускается, совершая работу за счет опускания коры, а противоположное крыло поднимается и тем вызывает к работе магматические силы (см. рис. 10). На этом основании «закалка» магмы, а следовательно, и развитие в дальнейшем вулканической деятельности будет преимущественно на поднятой стороне сброса, и второе, что вытекает из первого,— линии, соединяющие вулканические вершины, будучи перенесены на соответствующие линии сбросов, могут в некоторых частях и не совпадать с ними, а быть лишь параллельными им.

Дизъюнктивные дислокации охватывают земную кору и верхние подкоровые слои,— слои, состоящие из пластических масс.

С переходом к большим глубинам, нарушения могут быть больше связаны с течением магмы, чем с разрывами (20). Поэтому «закалка» магмы должна осуществляться преимущественно в подкоровых частях. При дальнейшем горизонтальном продвижении закаленная магма, как и магма вообще, подобно морским течениям, (теплым или холодным), будет иметь стремление прижиматься к верхним слоям, имея границей подъема твердую земную кору.

Такое положение говорит за то, что согласно нашей концепции, вулканические очаги, вообще говоря, не могут быть глубокими.

Так как конфигурация линий дизъюнктивных дислокаций совпадает с линиями позже появившихся вулканических вершин, можем последние называть бисвулканами. Их можно было бы называть также рожденными вулканами, или, пользуясь латинским языком,— нативулканами.

Другим большим вулканом является г. Арарат. Мы полагаем, что бисвулканами Арарата является уединенная группа вулканов вокруг оз. Балыкгель (рис. 60), образующая, как го-

ворит Линч (45), вокруг оз. Балыкгель ряд пиков, сравнительно недавней эруптивной деятельности. Их вулканическое происхождение зафиксировано и на геологической карте Освальда (40).

При сопоставлении карты района Балыкгель, с нанесенными на ней хребтами и отдельными вершинами, с картой массивов Большого и Малого Арарата легко можем отметить их сходимость (рис. 61).

Отметим и то, имеющее большое значение обстоятельство, что в целом безводный Арарат имеет на периферии значительные родниковые выходы, концентрированные в озере Ханагова, в истоках Верхнего, Среднего и Нижнего Карасу. Все указанные пункты приходятся точно на концах тех сбросов, на расположение которых указывают перенесенные на массив Арарата Балыкгельские бисвулканы.

Расположение полос бисвулканов, указывающее на соответственное расположение сбросов, предопределяет в условиях вулканической депрессии образование на двух противоположных склонах горы самых крупных оврагов Арарата.

И действительно, здесь имеем резко выделяющиеся по крупности овраги: Св. Якова на одной стороне и Караселав, — на другой.

Нельзя не отметить и того, что бисвулканы Арарата вызваны сбросами, образовавшимися исключительно в результате вулканической депрессии, поэтому и линии сбросов, окаймляющие обе вершины, идут не по соединяющей их линии, а двумя параллельными полосами, что легко можно объяснить на основании законов механики.

Сбросы, окаймляющие одновременно Б. и М. Арарат, дают возможность по новому осветить вопрос возраста М. Арарата — его возраст совпадает с возрастом Б. Арарата.

Отметим также, что, как это следует из карты района оз. Балыкгель, наибольшее число бисвулканов находится именно на поднятом крыле Араратских сбросов, т. е. на том крыле, на котором, как указывалось выше, получается «закалка» магмы. Это весьма серьезное обстоятельство, на которое надлежит обратить особое внимание.

Расстояние бисвулканов от Арарата — те же 65 км.



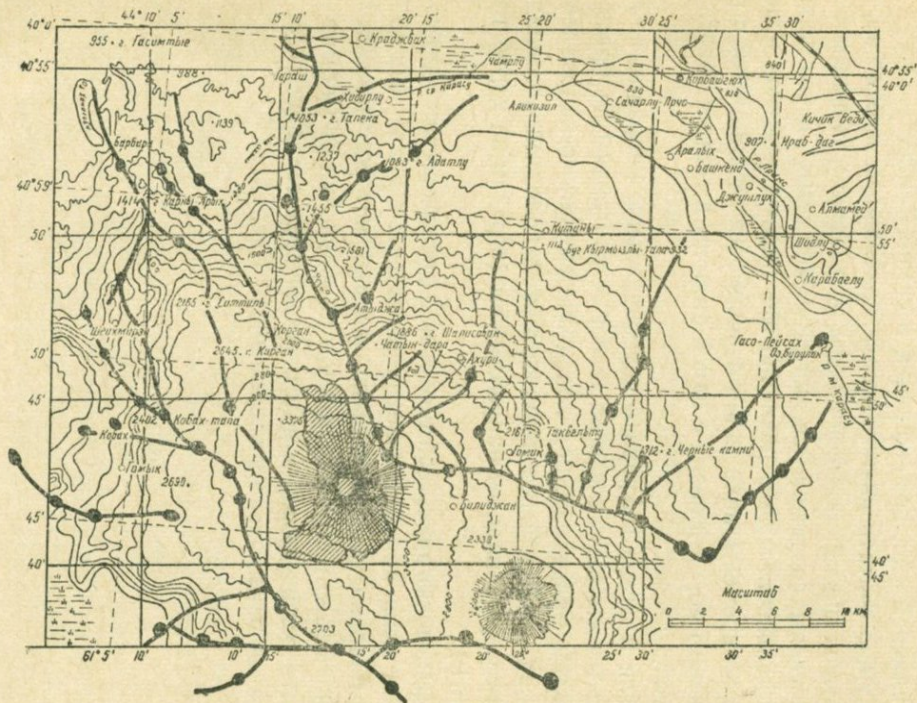


Рис. 61. Гора Арарат с перенесенными бисулканами Балыггеля.

Идея бисвулканов является новым дополнительным подтверждением неправильности тех современных гипотез, по существу метафизических, которые распространены в настоящее время за границей и которые говорят о постоянстве в движении магмы, вызванном притяжением Луны и Солнца и в связи с этим о направлении этого движения на запад, не предусматривая при этом никакой динамики в этом процессе и игнорируя наличием сил, возникающих в самой Земле.

Нужно считать диалектически правильным именно то, что магматические течения подчинены, в основном, силовым взаимодействиям, создающимся внутри самой земли, и что направление движения магмы различно для разных участков и переменено во времени, находясь в зависимости от динамики в расположении морей и низин с одной стороны и горных хребтов — с другой.

Для Арагаца и Арарата первоначальное направление движения магмы было с севера на юг и, как видим на примерах Алуджи и Балыкгея, под конец оно сменилось направлением на запад, пройдя через промежуточные положения, совпадающие с северо-западным направлением (стрелки на карте в конце книги).

Данные исторической геологии о расположении в прошлом морей и низин подтверждают наши данные о различных во времени направлениях движения магмы, которое происходило первоначально в меридиональном направлении от Сарматского и Понтического морей и затем постепенно переходило на широтное, ориентируясь на современный Каспий.

1. Во время вулканического извержения выделяется значительное количество газов и паров и изливается в большом количестве лава.

В связи с этим под земной корой на значительном пространстве понижается давление магмы.

2. В результате понижения давления земная кора прогибается под влиянием собственного веса; дополнительная нагрузка на земную кору от излившейся лавы усиливает прогиб. При этом имеют место следующие факторы вулканической депрессии.

3. Главные напряжения  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  в магме равны между собой лишь на значительной глубине; с приближением к земной коре равенство напряжений нарушается, и магма становится более вязкой.

4. Во время извержения вулкана нарушается равенство главных напряжений в магме, меняется соотношение между главными напряжениями также и в подкорковых зонах; начинается движение магмы к кратеру вулкана с одновременным выделением значительного количества газов.

После извержения и установления статического равновесия, напряжение в магме стремится вернуться к первоначальной величине, в связи с чем имеет место пластическая деформация, а следовательно, начинается движение.

Направление этого движения будет обратно тому, которым характеризовалось движение при вулканическом извержении, т. е. получается отток масс от центра вулкана к периферии.

5. В связи с падением давления под кратером во время извержения создается течение в сторону кратера магматической

массы из более глубоких зон, где имеют место высокое давление и температура.

После извержения вулкана в связи с установлением равновесного состояния, высокая температура на данном участке начинает спадать, что также способствует прогибу коры.

6. Во время извержения создаются относительно повышенные скорости движения магмы, а в связи с этим и неустойчиво-повышенное напряжение, которое поддерживается создавшимися скоростями течения.

После, при установлении статического равновесия, этот фактор постепенно исключается, появляется реакция, что способствует движению в обратном направлении, а следовательно, и прогибу земной коры.

7. Прогиб земной коры может быть изучен, рассматривая кору как плиту неограниченных размеров в плане и лежащую на сплошном упругом основании.

8. Дифференциальное уравнение деформированной плиты по Лагранжу имеет следующий вид

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{P(x, y)}{B} - \frac{kw}{B}$$

или

$$\Delta \Delta - \frac{P(x, y)}{B} + \frac{kw}{B} = 0$$

где  $\Delta$  — оператор Лапласа  
 $B$  — цилиндрическая жесткость плиты.

9. Как следует из этой формулы, прогиб плиты  $w$  имеет волнообразный характер, причем высота волны быстро уменьшается и затухание происходит при коэффициенте  $e^{-\pi} = \frac{1}{23,1}$ .

10. Длина полуволны, вызванной единичной силой, равна  $L = \pi \sqrt[4]{\frac{B}{k}}$ , и первая перемена знака ординат имеет место на расстоянии  $7/8 L$ , считая от точки приложения силы.

11. Существование волнообразного прогиба земной коры вокруг вулканов подтверждается наблюдениями, не имевшими до сего времени своего объяснения. Наблюдениями также подтверждается существование концентрического оседания в ре-

зультате вулканической депрессии, начиная с самой вершинной зоны вулкана.

12. Литосфера фактически не представляет из себя плиты бесконечных в плане размеров; ее нужно было бы рассматривать скорее как шаровую оболочку радиусом в 6400 км, заполненную упругой массой.

Расчет прогиба коры при такой схеме представляет с математической точки зрения значительные трудности.

Отмечается, однако, что прогиб шаровой оболочки, не заполненной упругой массой, дает также волнообразную, быстро затухающую кривую.

13. Шаровая оболочка, имеющая толщину около 40 км, диаметр 12.800 км и не заполненная магмой, имеет ничтожную устойчивость. Это говорит о том, что земная кора следует полностью за деформациями подкоровой магмы, не оказывая движению последней практически никакого сопротивления.

Поэтому в процессе прогиба сферичность земной коры не может играть заметной роли и вполне возможно при рассмотрении прогибов игнорировать сферичностью и принять в пределах вулкана земную кору за ровную плиту.

14. На основании геофизических данных мощность земной коры в твердой и вязкой ее части исчисляется в 25—40 км.

Ввиду существования на указанной глубине температуры красного каления, модуль Юнга магмы нужно считать доходящим практически до нуля. При этом земная кора, по сравнению с изотропной плитой, имеет расчетную мощность в размере около половины от реальной.

Таким образом, упругое сопротивление земной коры прогибу нельзя считать значительным.

15. Приводятся безмасштабные таблицы (в относительных единицах) ординат прогибов земной коры, ординат эпюр изгибающих моментов и перерезывающих сил в условиях элементарной единичной силы, а также в интегральных условиях от конической нагрузки лавового конуса.

16. Максимальные отрицательные моменты, могущие дать трещины раскрытия на поверхности земли, располагаются на расстоянии  $\frac{7}{8}L$  от центра вулкана.

Максимальные перерезывающие силы получаются на

участке  $\left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{2}\right) L$ , причём при положительных силах они в любом сечении в левой части положительные, а в правой части — отрицательные; при отрицательных силах — положение обратное.

Так как в указанных формулах за положительное направление поперечных сил для левой части принимается направление вверх, то сбросы при вулканической депрессии, появляющиеся на участке  $\left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{2}\right) L$ , будут иметь наклон к центру вулкана.

17. Прогиб земной коры, вызванный вулканической депрессией, обуславливает в изверженной массе дислокацию и образование трещин и сбросов.

Сбросы сосредоточены, как и в предыдущем случае, на участке  $\left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{2}\right) L$ , а раскрытие трещин — на периферии лавового массива горы.

18. Вулканическая депрессия вызывает повышение трещиноватости лав, имеющей максимальную величину вблизи центра вулкана и сходящейся на нет к периферии. Трещиноватость на периферии совсем мала, когда лавы излились из периферических паразитических вулканов, обычно экструзивных.

19. Крупные паразитические вулканы вызывают самостоятельные депрессии, повторяя частично те явления, которые сопровождают депрессии вообще. Помимо этого, в связи с внецентренным расположением вулкана возникают еще радиальные трещины. Последние могут быть и на основном вулкане, если лава расположилась несимметрично.

20. В связи с вулканической депрессией на периферии вокруг вулкана образуются болота и озера, если только обильная лава не заполнила полностью участок прогиба.

21. Просадка осадочного основания Арагаца исчисляется для центральных участков в размере до 1600 м, доходя до нуля на периферии.

Просадка у р. Аракс отражая вулканическую депрессию Арарата и шлаковых трещинных излияний Арагаца, доходит до 300 м.

В этом освещении исключается вопрос о долаговом рельефе, в качестве сохранившегося без изменений основания под четвертичными вулканами. Можно говорить лишь о деформированном осадочном рельефе.

На карте показаны участки сплетений контурных кругов, не подчеркнутых вулканической депрессии.

22. На основании изучения деформации земной коры и топографии района намечены для каждого из основных вулканов контурные круги, определяющие размер соответствующих этим вулканам полуовал прогиба.

Эти круги ограничивают зоны влияния вулканов, точнее они являются линиями, соединяющими участки с максимальными отрицательными моментами.

23. Каньоны рек Занга, Ахурян и Чичхан рассматриваются как трещинные раскрытия, образовавшиеся при нарастании отрицательных моментов от вулканической депрессии Арагаца. Эти трещины могли образоваться лишь в условиях скальных грунтов. На участках, где отсутствуют скальные грунты, ввиду незначительности модуля Юнга, трещины не образуются.

24. Расположение каньона р. Касах в плане является результатом взаимодействия депрессий Арагаца и Аралера.

25. На основании построенного контурного круга Арагаца и изучения расположения горизонталей в пределах массива этой горы выявлен центр старого вулкана Арагац, не совпадающий с вершиной современного Арагаца.

26. Предложен закон «вулканического последействия», определяющий последовательность появления паразитических вулканов, располагающихся на расходящихся кругах с общим центром в точке основного вулкана, при эруптивной силе паразитических вулканов в обратной зависимости от радиуса круга. Устанавливается также определенная закономерность петрографического состава лав, расположенных на расходящихся кругах.

Таким образом, петрографический состав лав зависит, в основном, от фазы вулканической деятельности. Поэтому, если на разных участках, где самостоятельно развивалась вулканическая деятельность, излились однотипные лавы, это не значит, что излияния произошли одновременно.

27. Существование радиальных трещин Арагаца, в основ-

ном объясняется тем, что они являются трещинами крупного паразитического вулкана, каковым является современная вершина Арагаца.

28. В земной коре, просевшей в результате вулканической депрессии, образовались сбросы, которые повлекли за собой сбросы и в изверженной лавовой массе.

На поверхности массива Арагац наибольшие сбросы должны были образоваться на участке  $\left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{2}\right)L$ , считая от центра вулкана. В условиях Арагаца, при фактическом наличии двух центров, сбросы в лавовой изверженной массе охватили всю привершинную часть, в связи с чем здесь имеется целая система «площадок» и большое обилие чингилей (каменников).

Хребет, идущий от вершины Арагаца и имеющий северо-восточное направление представляет результат вулканической депрессии современного Арагаца, образовавшейся на теле древнего Арагаца.

29. Экструзия соли и гипса в пределах Араратской котловины приурочена к полосам волновых поднятий от вулканической депрессии, что вполне согласуется с современными принципами соляной тектоники.

30. Представлены в новом освещении условия, необходимые для появления и исчезновения периферических озер, окружавшей Арагацкий массив (Ахурянское, Зангинские и Араксинское озера).

31. Показано влияние вулканической депрессии на продольный профиль р. Аракс.

32. Обосновывается наличие под лавами Арагаца, так называемой, Араратской гряды с подосой надвигов и сбросов, предопределивших появление Арарата.

То обстоятельство, что эта гряда затоплена лавами Арагаца, говорит за то, что Араратская гряда относительно старше Арагаца.

33. В бассейне оз. Севан линия вулканов тянется вдоль малой чаши по прямой линии, а вдоль большой чаши — по дуговой. При расположении вулканов по дуговой кривой депрессия, на основании законов механики, на внутренней стороне дуги дает прогиб практически равномерный, в связи с чем дола-

вовый рельеф сохраняется без изменений, но с пониженными отметками. Это явление имело место на Севане. Понижение рельефа образовало впадину в первую очередь в пределах большой чаши озера, давшую начало озеру. С внешней стороны депрессия относится к обычному типу.

34. Имеется механическая связь тангенциального горизонтального давления с местным кручением вдоль полосы надвигов и сбросов. Кручение, вызванное сильным давлением в сторону вулканической области, является второй характерной особенностью Севанского бассейна.

Вулканическая депрессия, с одной стороны, и местное поднятие в результате кручения с другой, послужили причиной соответственного расположения на склонах береговой полосы озерных отложений, имеющих наклон по прямой параллельной оси озера.

35. Местные поднятия, вызванные кручением продолжают и по сей день, что подтверждается различием в характере отложения конусов выноса рек Масрик и Гаварагет.

36. На примере вулкана Армаган (бассейн оз. Севан), излившего жидкоплавкие лавы при значительном количестве газов и паров, имеем яркое проявление сильной вулканической депрессии, выражающееся в перемещении вниз склонов горы, в сдвиге береговой линии озера в сторону осевшего вулкана.

37. Только на основе допущения о существовании вулканической депрессии удастся дать удовлетворительное объяснение всему комплексу наблюдаемых разнообразных явлений, как-то: наличию озерных отложений на высоких отметках, пропилу Чирчирской гряды, Ордаклинской запруде, озерным отложениям, перекрытым лавами.

38. Энергетической базой вулканизма Армении является орогенез.

В условиях синклинали горизонтальное давление между двумя плитами Сомхето-Гянджинской и Араратской по закону обратного свода преобразуется в вертикальное давление на магму, повышая ее напряжение.

На границе указанных плит имеется хребет, являющийся водоразделом между бассейнами рек Кура и Аракс, образованный тем же орогеническим давлением, и одновременно полоса дизъюнктивных дислокаций в виде надвигов и сбросов.

39. Орогеническое движение должно быть направлено в сторону вулканической области, где происходит реализация накопленной энергии. Поэтому для Армении его нужно считать направленным последовательно с севера, северо-востока на юг, юго-запад и, наконец, на запад.

Этим объясняется и то, что в пределах тектонической полосы имеют место не поддвиги, а надвиги.

40. Возрасты осадочных пород определяются вообще значительно легче и правильной, чем возрасты изверженных лав.

Возрасты лав надо определять, исходя из возраста подстилающих осадочных пород, а также на основе дополнительного учета фаз работы магмы, начиная от времени возникновения дизъюнктивных дислокаций и до времени образования вулканов.

41. Энергия орогенеза в пределах вулканической области Армении расходовалась или на образование горных кражей с последующим проявлением в виде дизъюнктивных дислокаций надвиговой полосы, или на интрузию, или же на подготовку магмы к вулканическому извержению.

Эти процессы имели место для одного и того же участка, вообще говоря, разновременно.

42. Распределяя по периодам отдельные фазы развития плутона и вулканической деятельности, дана для Араратской котловины таблица возрастов лав, исходя из возрастов осадочных пород.

При этом устанавливается возраст начальной вулканической деятельности для Арагаца — плиоцен (верхний миоцен), то же для Варденисских первых лав, а для молодых лав — постплиоцен или плейстоцен.

43. Подкоровая магма характеризуется как тяжелая пластичная масса, имеющая такой коэффициент Пуассона, при котором она, в условиях продольного сжатия легко образует сбросы большой амплитуды и расслаивания от скальвающих напряжений, в отличие от магмы более глубокой, обладающей значительно большей подвижностью в любом направлении.

44. Движение магматических масс понимается как течение пластической магмы под территориями, занятыми морями и низинами, и направленное в сторону горных областей.

45. Если течение магматических масс происходит, как это обычно бывает, в относительно глубоких слоях, то земная кора, увлекаемая этим течением, будет ослаблена сравнительно мало, кора подвергнется при этом в основном вертикальным смещениям, вызывающим складкообразование.

Отрицательное влияние на цельность земной коры увеличивается при более высоком расположении движущихся магматических масс, иначе говоря, при маломощной коре.

В этом случае горизонтальные смещения земной коры, увлекаемой магмой, будут сильнее.

При высоком расположении центра горизонтального давления, поверхностный слой, на основании законов механики, в силу своего расположения, не может принять на себя больших давлений. Увлекаясь в горизонтальном направлении, он одновременно испытывает значительные вертикальные перемещения, каковые являются обстоятельством и средством, разрешающим верхним слоям не участвовать в передаче больших давлений.

В подобных случаях возникают надвиги и сбросы, то-есть значительные пликативные и дизъюнктивные дислокации.

Размер тектонических нарушений зависит не только от абсолютных размеров маломощной коры, он зависит также от величины действующих сил. Слабые силы не могут вызвать нарушений даже в слабой коре. Значительные силы проявят себя и при более сильной коре. Во всяком случае в маломощной коре вероятность значительных тектонических нарушений увеличивается.

На этом основании вулканизм на М. Кавказе, надо полагать, обязан маломощности земной коры на полосах надвигов и сбросов.

46. Земная кора в силу своей жесткости сильно отстает от движущихся подкорových пластичных масс, в связи с чем на отдельных участках маломощной земной коры образуются слабые места, в основном, по горизонтальным плоскостям, каковые должны считаться помехой для движения подкорových пластичных масс.

На этих участках не может быть поддержано необходимое для движения магмы давление. Прямым следствием такого положения явится ослабление или прекращение дальнейшего про-

движения масс на этом участке в связи с инъекцией магмы в расслабленную земную кору.

После образования интрузии усилившаяся жестким каркасом земная кора вновь восстанавливает свою жесткость и обеспечивает тем давлением для дальнейшего продвижения магмы.

47. В Араратской котловине и, в частности, в Севанском бассейне в качестве результатов работы движущихся масс отмечается следующая последовательность:

- а) образование водораздельного хребта между бассейнами рр. Кура и Аракс,
- б) ослабление земной коры и затем ее усиление основной и ультраосновной интрузиями,
- в) образование сильных тектонических нарушений одного или двух сроков вдоль водораздельной полосы,
- г) появление первых по сроку вулканов,
- д) появление новых слабых мест в земной коре и последующее вторичное усиление ее неинтрузией,
- е) после усиления коры неинтрузией появление четвертичных ареальных вулканов.

При этом плановое расположение первых лав приходится против основных и ультраосновных интрузий, а четвертичные лавы — против неинтрузивов.

Указанное подтверждается на примере Гегамских и Варденисских вулканов.

48. Существует прямая связь между расположением надвигов и сбросов и расположением вулканических вершин. Полосы надвигов и сбросов располагаются на расстояниях 50—60 км друг от друга. Более того, не только полосы, но и отдельные контуры, образуемые сбросами на указанной тектонической полосе, повторяются через 50—60 км подобными контурами вулканических вершин.

По расположению образуемых надвигами и сбросами контуров и соответствующих им вулканических полос можно достаточно точно определять направление течения магмы под корой и даже «скорость» ее течения.

49. Даны соображения об условиях отклонения магматического течения от прямолинейного направления и об образовании вулканов, в основном, из магмы верхних слоев.

50. Направление магматического течения с противоположных сторон в сторону сравнительно небольшого участка на территории Малого Кавказа явилось благоприятным обстоятельством для возникновения здесь вулканической деятельности.

Встречное движение магмы с юга на север создало для основного северного движения достаточное сопротивление, чтобы повысить напряжение в магме до такой величины, при которой возможна вулканическая деятельность.

51. Установленная последовательность образования основных вулканов является результатом взаимодействия главных источников орогенической энергии, созданных наличием Сарматского моря с одной стороны и, возможно, Средиземного моря (с Месопотамией) — с другой. С образованием Главного Кавказского хребта и перемещением границ моря в сторону современного Каспия соответственно меняется и направление орогенического движения и устанавливается новое направление с востока на запад.

52. Разработанная принципиальная схема протекания вулканического процесса при едином цикле извержений из центрального вулкана и при нескольких циклах основана на учете пластических свойств тел. Схема указывает на постепенное повышение температуры магмы в пределах каждого цикла и падения ее в промежутках между циклами. Такая схема оправдывает появление в последней стадии извержений жидкоплавких лав, что отмечено и на Арагаце, и на Гегамском хребте.

53. Одной из основных причин, обусловивших появление вулканов Армении и вулканизма вообще, является «закалка» магмы в результате дизъюнктивных дислокаций и дальнейшей эволюции магмы на определенном пути ее перемещения (50—60 км). «Закалка» магмы происходит лишь на поднятом крыле сбросов.

54. Так как наибольший расход энергии имеет место у поверхности скольжения, где происходит расход энергии на поднятие крыла и на преодоление сил трения, максимальный эффект «закалки» надо ожидать на поверхности интрузивной массы.

Если согласиться с гипотезой о радиоактивном тепле как основном факторе и вулканизма, то наибольшую радиоактив-

ность интродуцирующая магма должна иметь именно на плоскостях скольжения, иначе говоря, на боковой поверхности. Это подтверждается наблюдениями.

55. С увеличением глубин дизъюнктивные дислокации ослабевают. Поэтому и «закалка» магмы должна осуществляться преимущественно в подкоровых частях. В дальнейшем в своем продвижении «закаленная» магма, как и магма вообще, не опустится в нижние слои, а будет иметь стремление, подобно теплым и холодным морским течениям, перемещаться кверху, прижиматься к нижней поверхности земной коры, удерживаясь на этой высоте благодаря твердости земной коры.

56. Вулканы группы Алуджа и Балыкгеля являются бисвулканами, зародившимися на магме, «закаленной» соответственно на сбросах Арагаца и Арарата.

57. Сбросы Арагаца и Арарата, на места расположения которых указывают бисвулканы, являются артериями, собирающими подземные воды со всех контактов. Выходами их для Арагаца являются воды Севджурских родников, обильные родники Талинского района и восточного склона горы, а для Арарата — воды Верхнего, Среднего и Нижнего Карасу, а также воды оз. Ханагова.

---

КООРДИНАТЫ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ВЕРШИН

№ п. п.	Координаты		Координаты в мм для карты масшт. 1/500.000		
	долгота	широта	долгота	широта	осевые координаты
1	2	3	4	5	6

Группа Алуджи

1	43°21'	40°30'	59	38	43°00'
2	43°24'	40°28'	67	45	40°40'
3	43°22'	40°26'	53	53	
4	43°21'	40°27'	60	49	
5	43°21'	40°31'	59	32	
6	43°22'	40°25'	63	57	
7	43°24'	40°26'	68	52	
8	43°20'	40°38'	56	27	
9	43°25'	40°30'	71	35	
10	43°26'	40°30'	73	38	
11	43°27'	40°27'	75	48	
12	43°25'	40°24'	59	60	
13	43°18'	40°25'	50	56	
14	43°16'	40°27'	45	48	
15	43°16'	40°29'	44	42	
16	43°17'	40°31'	46	35	
17	43°27'	40°24'	75	58	
18	43°14'	40°27'	39	49	
19	43°17'	40°22'	48	65	
20	43°29'	40°22'	83	68	
21	43°21'	40°19'	59	76	
22	43°13'	40°23'	35	62	
23	43°12'	40°25'	33	55	
24	43°16'	40°20'	45	74	
25	43°15'	40°20'	42	74	
26	43°16'	40°38'	47	9	
27	43°26'	40°37'	74	10	
28	43°30'	40°36'	84	13	
29	43°31'	40°35'	89	20	
30	43°34'	40°28'	97	43	
31	43°35'	40°27'	100	47	
32	43°27'	40°19'	76	79	

1	2	3	4	5	6
33	43°26'	40°17'	72	83	43°00'
34	43°25'	40°17'	69	84	
35	43°23'	40°18'	64	83	40°40'
36	43°19'	40°17'	55	84	
37	43°16'	40°18'	45	82	
38	43°12'	40°21'	33	69	
39	43°09'	40°25'	26	55	
40	43°09'	40°29'	25	39	
41	43°37'	40°30'	106	38	
42	43°34'	40°23'	96	61	
43	43°23'	40°21'	94	70	
44	43°21'	40°16'	59	87	
45	43°33'	40°24'	94	59	
46	43°35'	40°36'	100	16	
47	43°36'	40°35'	104	17	
48	43°37'	40°34'	106	22	
49	43°40'	40°30'	112	35	
50	43°25'	40°15'	71	90	
51	43°09'	40°18'	26	82	

## Группа Арагаца

1	44°07'	40°28'	20	43	44°00'
2	44°08'	40°32'	23	21	40°40'
3	44°07'	40°26'	20	53	
4	44°12'	40°31'	33	33	
5	44°11'	40°27'	30	49	
6	44°09'	40°25'	27	57	
7	44°02'	40°28'	5	45	
8	44°01'	40°29'	2	40	
9	44°05'	40°32'	14	28	
10	44°07'	40°35'	20	30	
11	44°06'	40°36'	17	15	
12	44°15'	40°33'	45	25	
13	43°58'	40°27'	— 6	46	
14	43°58'	40°30'	— 7	36	
15	43°59'	40°23'	— 2	62	
16	43°55'	40°29'	—12	42	
17	44°20'	40°31'	58	32	
18	43°54'	40°25'	—17	51	
19	44°07'	40°41'	18	—5	
20	44°03'	40°41'	9	—3	
21	44°14'	40°14'	39	93	
22	44°09'	40°14'	25	95	
23	44°04'	40°16'	11	88	
24	43°53'	40°19'	—20	77	
25	43°50'	40°21'	— 29	69	
26	43°56'	40°16'	—12	87	
27	43°57'	40°15'	— 7	92	
28	43°50'	40°15'	—28	90	
29	43°50'	40°32'	—28	30	
30	44°05'	40°39'	—15	4	

1	2	3	4	5	6
31	44°14'	40°38'	40	7	44°00'
32	44°15'	40°37'	43	12	40°40'
33	44°20'	40°29'	56	39	
34	44°17'	40°22'	47	67	
35	44°02'	40°19'	6	77	
36	43°54'	40°30'	—18	35	
37	43°54'	40°33'	—16	25	
38	43°59'	40°35'	—4	20	
39	43°55'	40°36'	—14	16	
40	44°01'	40°38'	2	7	

## Группа Аралера

1	44°27'	40°24'	76	58	44°00'
2	44°29'	40°26'	82	50	40°40'
3	44°33'	40°23'	92	63	
4	44°26'	40°21'	74	68	
5	44°31'	40°31'	88	34	
6	44°35'	40°28'	98	44	
7	44°35'	40°20'	98	74	
8	44°25'	40°17'	71	83	
9	44°23'	40°18'	63	80	
10	44°16'	40°24'	46	59	
11	44°17'	40°27'	51	49	
12	44°20'	40°29'	56	39	
13	44°38'	40°19'	106	76	
14	44°34'	40°17'	95	85	
15	44°26'	40°15'	72	94	
16	44°23'	40°14'	64	95	
17	44°21'	40°32'	59	28	
18	44°25'	40°34'	71	21	
19	44°42'	40°26'	119	51	
20	44°33'	40°14'	93	98	
21	44°23'	40°12'	65	103	

## Группа Гетика

1	44°33'	40°29'	—21	39	45°00'
2	44°57'	40°26'	—8	50	40°40'
3	45°00'	40°25'	1	51	
4	44°59'	40°25'	—3	54	
5	45°02'	40°25'	5	56	
6	45°06'	40°23'	18	62	
7	45°08'	40°23'	23	64	
8	45°12'	40°23'	33	64	
9	44°59'	40°24'	—1	59	
10	44°51'	40°25'	—21	56	
11	45°02'	40°23'	5	61	
12	44°48'	40°26'	35	52	
13	45°04'	40°21'	11	69	
14	45°12'	40°18'	33	78	
15	45°13'	40°17'	36	84	

1	2	3	4	5	6
<b>Группа Западного Ахмангана (Гегамского хребта)</b>					
1	44°54'	40°23'	—14	83	45°00'
2	44°55'	40°21'	—14	76	40°00'
3	44°56'	40°19'	— 8	70	
4	44°54'	40°17'	—17	69	
5	44°56'	40 18'	—13	67	
6	44°57'	40°18'	—10	66	
7	44°55'	40°17'	—10	64	
8	44°53'	40°16'	—18	59	
9	44°53'	40°16'	—21	59	
10	44°57'	40°15'	— 8	55	
11	44°55'	40 15'	—13	55	
12	44°59'	40 14'	— 3	53	
13	44°56'	40 14'	—13	51	
14	44 57'	40°13'	— 9	45	
15	44 57'	40 12'	— 6	45	
16	44°55'	40°12'	—13	44	
17	44 51'	40°10'	—25	36	
18	44°49'	40°09'	—31	34	
19	44 52'	40 09'	—23	32	

**Группа Южного Ахмангана (Гегамского хребта)**

1	44°57'	40°10'	— 7	37	45°00'
2	45 01'	40°11'	4	39	40°00'
3	45 03'	40°09'	7	35	
4	45°09'	40°08'	25	27	
5	45 09'	40°07'	27	25	
6	45°13'	40 04'	37	15	
7	45 43'	39 26'	—49	50	
8	45 20'	40°07'	56	24	
9	45 28'	40°08'	78	30	
10	45 30'	40°08'	85	30	
11	45 34'	40°07'	95	26	
12	45°38'	40 08'	107	30	
13	45 45'	40°07'	126	24	
14	45 30'	40°06'	83	23	
15	45 31'	40°05'	87	19	
16	45 33'	40°05'	93	18	
17	45 35'	40 04'	97	14	
18	45 40'	40°03'	117	7	
19	45 45'	40 02'	126	5	
20	45 47'	40°02'	134	5	
21	45 55'	39°59'	150	4	
22	45 55'	39 56'	157	—19	
23	45°58'	39 57'	166	— 9	
24	46 02'	39°59'	168	— 3	
25	45 45'	40°04'	125	15	
26	45 55'	40 01'	150	4	
27	45 29'	40 03'	82	10	
28	45°33'	40 01'	92	2	
29	45 34'	40 02'	96	6	
30	45°36'	40 01'	103	2	

1	2	3	4	5	6
31	45°40'	39°58'	113	— 6	45°00'
32	45°23'	40°02'	65	5	40°00'
33	45°23'	40°01'	64	2	
34	45°25'	39°59'	70	— 2	
35	45°29'	39°58'	82	— 7	
36	45°32'	39°58'	92	— 6	
37	45°36'	39°55'	104	—17	
38	45°35'	39°53'	101	—24	
39	45°36'	39°49'	102	40	
40	45°20'	39°58'	58	— 6	
41	45°04'	40°05'	12	20	
42	45°01'	40°07'	2	24	
43	45°01'	40°05'	4	14	
44	45°02'	40°03'	7	10	
45	45°03'	40°01'	10	5	
46	45°06'	40°00'	18	1	
47	45°05'	40°00'	22	— 1	
48	45°13'	40°02'	37	7	

## Тергерская группа

1	46°16'	39°56'	—46	15	46°00'
2	46°12'	39°55'	—35	19	40°00'
3	46°09'	39°53'	—25	26	
4	46°05'	39°55'	—14	19	
5	46°02'	39°50'	— 5	36	
6	45°57'	39°51'	9	34	
7	45°55'	39°49'	15	39	
8	45°51'	39°52'	25	30	
9	45°51'	39°53'	25	24	
10	45°53'	39°57'	20	10	
11	45°51'	39°56'	26	15	
12	45°49'	39°55'	30	17	
13	45°48'	39°55'	33	18	
14	45°47'	39°54'	35	21	
15	45°48'	39°52'	32	30	
16	45°47'	39°51'	36	33	
17	45°45'	39°49'	42	39	
18	45°44'	39°47'	45	46	
19	45°47'	39°44'	49	48	
20	45°44'	39°48'	46	64	
21	45°43'	39°39'	48	78	
22	45°41'	39°42'	54	80	
23	45°52'	39°48'	23	45	
24	45°51'	39°46'	24	53	
25	45°53'	39°45'	20	53	
26	45°53'	39°44'	20	60	
27	45°53'	39°41'	20	69	
28	45°56'	39°41'	11	68	

1	2	3	4	5	6
<b>Группа Карабахского хребта</b>					
1	45°57'	39°45'	9	56	46°00'
2	46°00'	39°41'	0,5	71	40°00'
3	46°08'	39°39'	—22	75	
4	46°07'	39°38'	—21	81	
5	46°04'	39°38'	—13	82	
6	45°50'	39°41'	30	71	
7	45°58'	39°37'	5	82	
8	46°03'	39°33'	— 8	98	
9	46°05'	39°33'	—15	98	
10	46°06'	39°32'	—17	102	
11	46°11'	39°30'	—32	110	

<b>Группа Акеры</b>					
1	45°55'	39°38'	14	82	46°00'
2	45°53'	39°36'	19	88	40°00'
3	45°56'	39°35'	12	91	
4	45°47'	39°35'	37	101	
5	45°51'	39°33'	25	100	
6	45°53'	39°31'	21	108	
7	45°53'	39°29'	20	115	
8	45°32'	39°32'	79	102	
9	45°34'	39°33'	73	99	
10	45°41'	39°34'	53	95	
11	45°47'	39°32'	48	105	
12	45°50'	39°27'	29	117	
13	45°57'	39°23'	9	136	
14	45°47'	39°23'	38	130	
15	45°48'	39°22'	35	135	
16	45°53'	39°21'	21	142	

<b>Г. Арарат Большой и Малый</b>					
1	44°18'	39°42'	51	66	44°00'
2	44°25'	39°39'	70	78	40°00'

## ЛИТЕРАТУРА

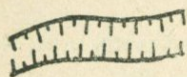
1. Геккелер И. В. Статика упругого тела, 1934.
2. Галеркин Б. Г. Упругие тонкие плиты, 1934.
3. Тимошенко С. П. *Строительная механика*, 1930.
4. Гарсеванов Н. М. Основы механики грунтовой массы.
5. Динник А. Н. Продольный изгиб, 1939.
6. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел, 1954.
7. Илюшин А. А. Пластичность, 1948.
8. Пек А. В. Трещинная тектоника и структурный анализ, 1939.
9. Лавров А. Отчет гидрогеолого-геоморфологического отряда Сардарабатской экспедиции АН СССР, Вестн. АН СССР, 1932, внеочередной номер. Экспедиции.
10. Тиррель Г. В. Вулканы, 1934.
11. Захаров В. Ф. Гидрогеология Эриванской низменности. Материалы к общей схеме использования водных ресурсов Кура-Араксинского бассейна, вып. 8, 1931.
12. Паффенгольц К. Н. Геологический очерк Армении и прилегающих частей Малого Кавказа (на арм. языке), Изд. АН АрмССР, 1948.
13. Паффенгольц К. Н. К вопросу о возрасте и генезисе туфолав Армении, Записки Всерос. минер. о-ва, LXVII, № 3, 1938.
14. Паффенгольц К. Н. Пояснительная записка к геологической карте района проектирования Ахурянского водохранилища. 1945 (Рукопись хранится в геолфонде, Ереван).
15. Паффенгольц К. Н. Геологический очерк Нахичеванской ССР, Изд. АзФАН, 1940.
16. Паффенгольц К. Н. Стратиграфия четвертичных лав Восточной Армении, Записки Всероссийского минералогического общества, № 2, 1932.
17. Паффенгольц К. Н. Бассейн озера Гокча (Севан), 1934.
18. Паффенгольц К. Н. К стратиграфии и тектонике олигоцена и соленосной толщи Армении и южной части Грузии, Зап. Всероссийск. минералогического общества, № 2, 1938.
19. Моисеев С. Н. *Плотины набросные и из кладки насухо*, 1935.
20. Сельский В. А. Изучение строения земной коры на основании данных геофизики. Систематизация мирового опыта по изучению результатов работ по прикладной геофизике, 1940.

21. Сельский В. А. Соляные купола и их связь с нефтью, Изд. ОНТИ, 1936.
22. Сельский В. А. Курс прикладной геофизики, 1933.
23. Богачев В. В. К вопросу о геологическом возрасте некоторых третичных свит Армении, Известия АН СССР. Серия геологическая, вып. 4, 1940.
24. Богачев В. В. Урмийское и Ванское озера, Известия Азерб. Госуниверситета. Отдел „Естествознание и Медицина“, том 7, 1928.
25. Лебедев П. И. Вулкан Алагез и его лавы, Изд. АН СССР, „Алагез“, т. 1, 1931.
26. Лебедев П. И. Геологический очерк бассейна р. Аракс. Материалы к общей схеме использования водных ресурсов Кура-Араксинского бассейна, вып. 3. 1931.
27. Нельсон-Скорняков Ф. Б. Дренаж при помощи глубинных насосных колодезев, 1931.
28. Оганезов Г. Г. Артезианские воды Араратской долины (Рукопись хранится в МВХ АрмССР), 1934.
29. Азарян К. Г. К вопросу о возрасте лав и озерных отложений Котайкского и Агинского районов (Рукопись хранится в геолог. инст. АН АрмССР), 1944.
30. Казаков М. П. Гидрогеологические условия в низовьях Занги и Абарана, 1931.
31. Казаков М. П. К гидрогеологии Крхбулагской группы родников, 1931.
32. Турцев А. А. Гидрогеологический очерк района Средней Занги, 1931.
33. Гамбарян П. П. Геолого-петрографический очерк района Средней Занги, 1931.
34. Отчет геофизической экспедиции по Алагезу Гр. ГУ, 1942.
35. Жуковский П. М. Земледельческая Турция, 1933.
36. Массальский В. Очерк южной части Карсской области, Известия Кавк. геогр. о-ва, том IX, 1886—1888.
37. Варданянц Л. А. Нижне-юрская цепь вулканов Главного Кавказа, Доклады АН СССР. Новая серия, том XXXIX, № 8, 1943.
38. Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Андезитово-базальтовые формации центральной части Армении. „Бассейн оз. Севан“, Изд. АН СССР, том 1, 1929.
39. Освальд Ф. К истории тектонического развития Армянского нагорья, Записки Кавк. отд. русск. геогр. о-ва, XXIX, 1916.
40. Освальд Ф. Handbuch der Regionalen geologie Armenien, Heidelberg, 1912.
41. Кузнецов С. С. О некоторых геоморфологических чертах побережья оз. Севан, Изв. АН СССР, серия 4, 1930.
42. Кузнецов С. С. Геология С.—З. побережья оз. Гокча, „Бассейн оз. Севан“, том 1, 1929.

43. Кузнецов С. С. О гидрогеологических условиях южных склонов Шахдагского хребта, „Бассейн оз. Севан“, том I, вып. II.
44. Кузнецов С. С. Основы геологии, 1938.
45. Линч Х. Ф. В. Армения, 1910.
46. Абиx Г. Геология Армянского нагорья, Зап. Кавк. геогр. о-ва, XXI, 1899.
47. Мушкетов И. В. Физическая геология, 1935.
48. Мушкетов И. В. Региональная геотектоника, 1935.
49. Куплетский Б. М. Геолого-петрографический очерк Ахманганского плато. „Бассейн оз. Севан“, том I, 1929.
50. Гинзберг А. С. Геолого-петрографическое описание южного побережья оз. Севан. „Бассейн оз. Севан“, том II, вып. 1, 1930.
51. Марголиус А. Соляные образования Карсской обл. и Эриванской губ. Материалы для геологии Кавказа, кн. 8. 1909.
52. Бек-Мармарчев Б. И. Происхождение оз. Севан, „Севан—Занга“, т. I. (Рукопись хранится в Водно-Энергетическом институте Ака. наук АрмССР), 1940.
53. Демехин А. П. Арзни—гидрогеологический очерк, 1940.
54. Габриелян А. А. Новые данные по колебаниям уровня оз. Севан. Известия АН АрмССР, № 5—6, 1944.
55. Габриелян А. А. Третичные отложения бассейна р. Шагаплу АрмССР (рукопись хранится в Геологическом ин-те АН АрмССР), 1945.
56. Габриелян А. А. Третичные отложения Котайкского района АрмССР, Изд. АН АрмССР, 1947.
57. Сводка естественно-исторических данных о бассейне оз. Севан, „Бассейн оз. Севан“, том III, вып. 2, 1933.
58. Заварицкий А. Н. Некоторые черты четвертичного вулканизма Армении, Известия АН АрмССР, № 5—6, 1944.  
Его же. Введение в петрохимию изверженных горных пород, Изд. АН СССР, 1950.
59. Белоусов В. В. Общая геотектоника, 1948.
60. Лятти С. Я. Грунты озера Севан. Материалы по исследованию оз. Севан и его бассейна, 1932.
61. Лятти С. Я. Гидрохимический очерк озера Севан. Материалы по исследованию оз. Севан и его бассейна, 1932.
62. Озаровский Ив. Материалы для военного обозрения Эриванской губернии, 1890.
63. Паффенгольц К. Н. Происхождение горы Атагез, Журнал „Природа“, № 6, 1939.
64. Ingham W. N. Causes of variations in radioactivity data, Сборник рефератов: Геология, техника и методика геологических работ в зарубежных странах, вып. II, Госгеолиздат, 1947.
65. Паффенгольц К. Н. О происхождении озера Севан, Ван, Урмия, Изв. АН ССР. Серия геологическая, № I, 1950.

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

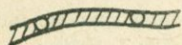
к карте «Зависимость вулканов от дизъюнктивных дислокаций»



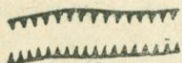
Общее расположение надвиговой полосы  
вдоль Кура-Араксинского водораздела.



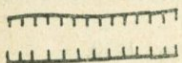
Полосы дизъюнктивных дислокаций.



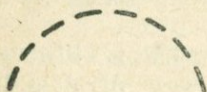
Полосы вулканических вершин.



Общее расположение вулканических вершин.



Аракатская гряда.



Концентрические линии паразитических  
вулканов.



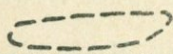
Контурная линия-зона максимальных отрицательных моментов вокруг гор: Арагац, Аралер, Б. Аракат.

○ 2357

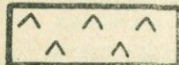
Вулканические вершины, их отметки.



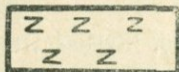
Направление движения магматических масс.



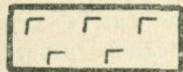
Соленосная толща и ее аналоги.



Третичные лавы.



Четвертичные лавы.



Основные и ультра-основные интрузии.




Молодые интрузии.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
От редакции . . . . .	5
Предисловие . . . . .	9
<b>Глава I. Вулканическая депрессия . . . . .</b>	<b>13</b>
Факторы вулканической депрессии (14). Волнообразный прогиб земной коры. Трещины и сбросы, вызванные прогибом (16). Дислокация изверженной массы в связи с оседанием основания (42). Периферические впадины (47).	
<b>Глава II. Араратская котловина в условиях вулканической депрессии . . . . .</b>	<b>49</b>
Территория и границы вулканической депрессии (49). Соображения о размере прогиба (57). Радиальные трещины Арагаца (60). Паразитические вулканы Арагаца (62). Периферические озера. Влияние вулканической депрессии на продольные профили рек (70). Экструзия соли и гипса на полосах волновых поднятий (82). Араратская гряда под лавами Арагаца (91). Вулканическая депрессия в бассейне оз. Севан (96).	
<b>Глава III. Орогенез—энергетическая база вулканизма Южной Армении . . . . .</b>	<b>113</b>
Механика орогенических движений (113). Возрасты изверженных пород (117). Направления орогенических движений (123). Соображения о сущности вулканизма (131). Бисвулканы (137).	
Тезисы . . . . .	145
Литература . . . . .	163

ГУРГЕН ГАВРИЛОВИЧ ОГАНЕЗОВ  
ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ  
Т О М I

Ответ. редактор А. Т. АСЛАНЯН  
Худ. оформл. Л. А. САДОЯНА  
Тех. редактор Л. А. АЗИЗБЕКЯН  
Корректор М. Т. ДАЛЬВАДЯНИЦ



ВФ 06362 Заказ 79 Изд. 1398 РИСО 409 Тираж 1000

Сдано в набор 23.II 1957 г. Подписано к печати 20/IV 1957 г.

Бумага 60x92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>, 10,5 печ. л.+1 вклад., уч. изд. 9 л.

Цена с переплетом 6 р. 55 к.

---

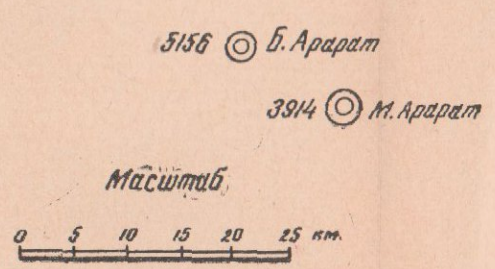
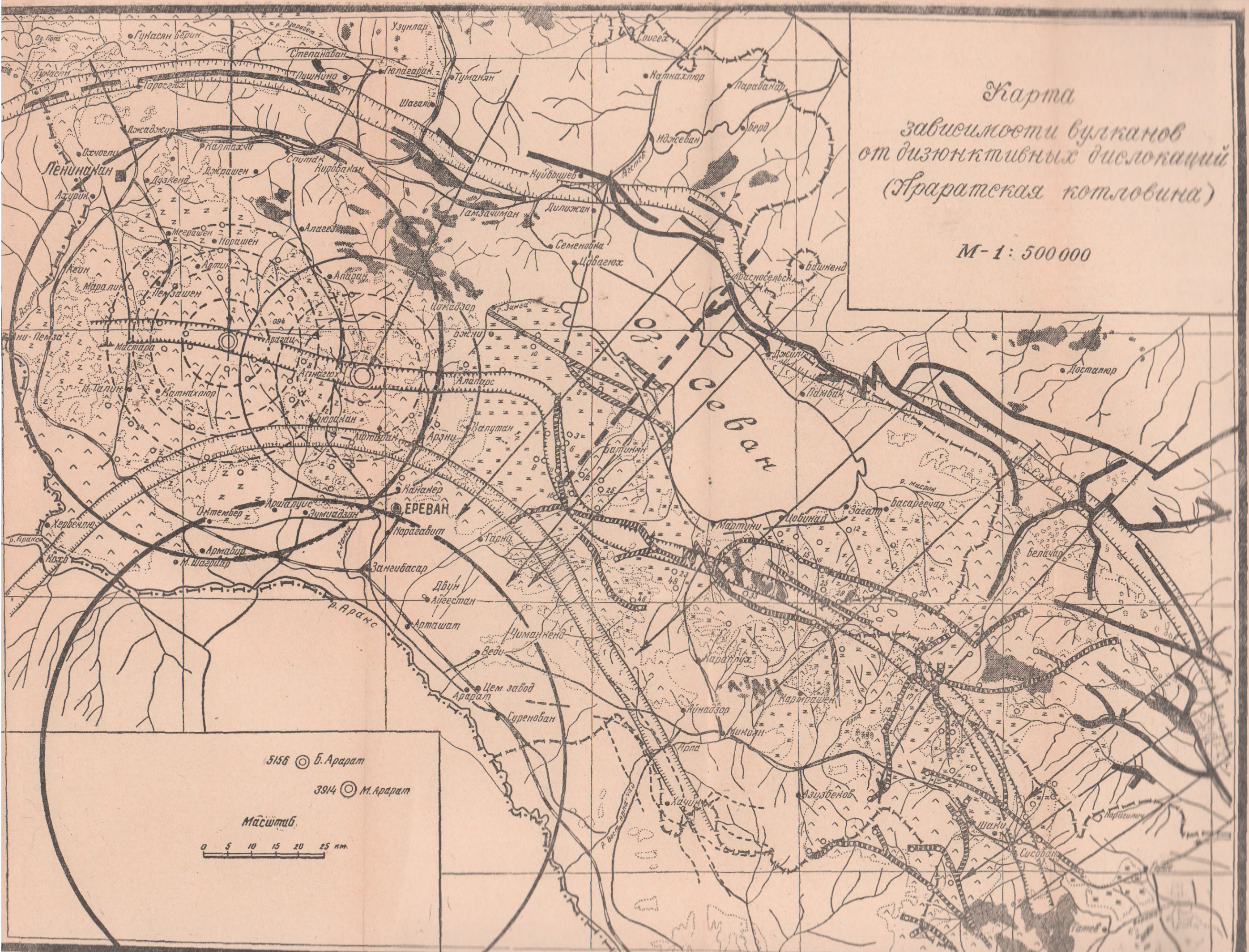
Типография Издательства АН Армянской ССР,  
Ереван, ул. Абована, 124.

## О П Е Ч А Т К И

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
57	2 сверху	(рис. 22)	(рис. 21)
90	3 снизу	$\text{H}_2\text{CO}_4$	$\text{H}_2\text{SO}_4$

Карта  
зависимости вулканов  
от дизъюнктивных дислокаций  
(Араратская котловина)

М-1: 500 000



Цена 6 р. 55 к.

11748