

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

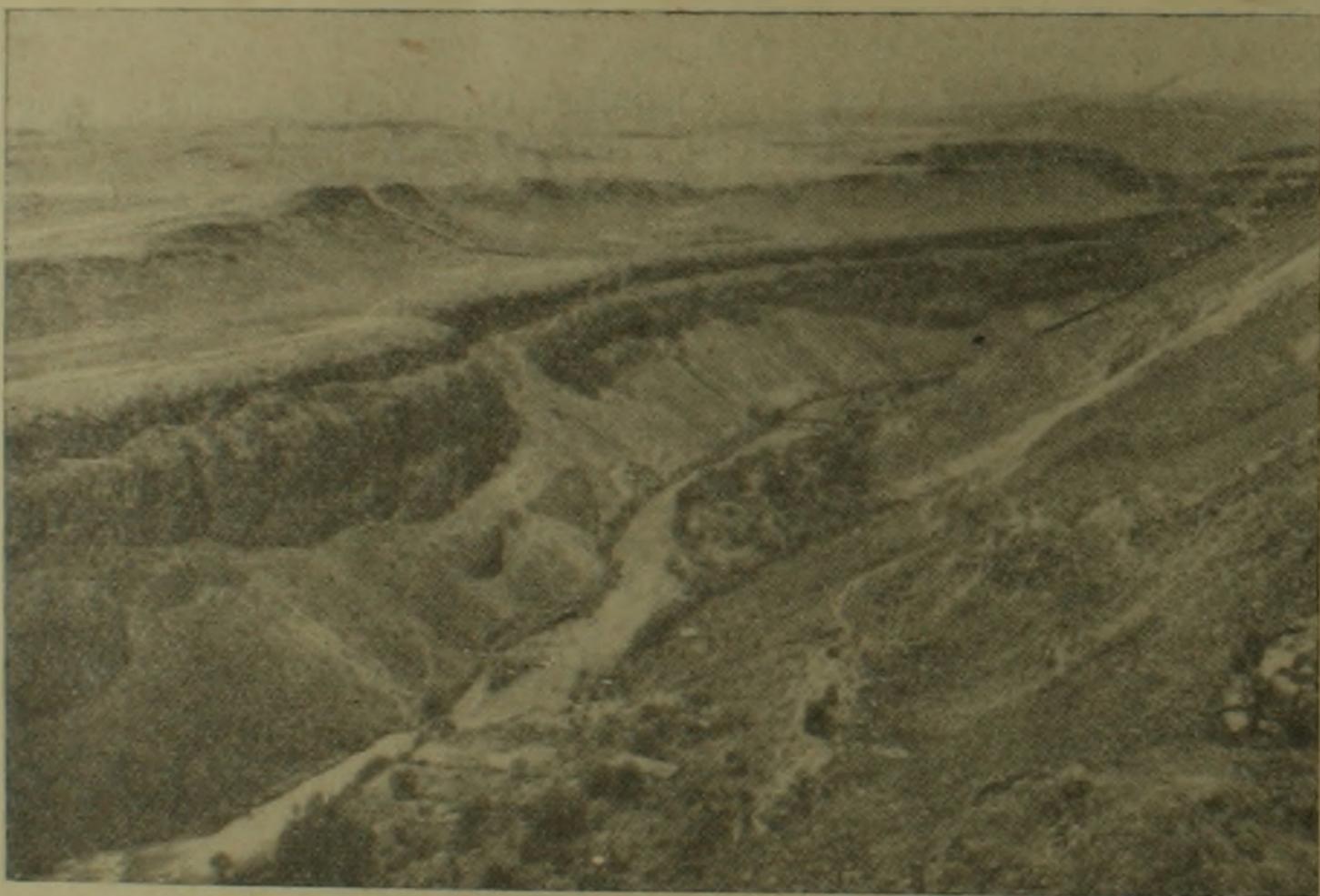
И. С. ТОЛОКОННИКОВ

ПРИНЦИПЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ
И ТРЕЩИННОЙ ПУСТОТНОСТИ ЛАВ АРМЕНИИ

(Сообщение первое)

Развернувшееся гидроэнергетическое и ирригационное строительство в Армянской ССР широко поставило вопросы детального инженерно-геологического обоснования проектов гидроузлов.

Главные реки, представляющие интерес в энергетическом и ирригационном отношении, формируют свою гидрографическую сеть преимущественно в пределах так называемого центрального вулканического нагорья Армении, характеризующегося широким развитием многочисленных покровов и потоков лав четвертичного и верхнетретичного возраста.



Фиг. 1. Общий вид каньона р. Раздан, пропиленного в базальтовых лавах (Приереванский район).

Преобладающая часть лав отличается повышенной трещиноватостью и проницаемостью. Это определяет, в частности, направленность инженерно-геологических исследований, тип горно-буровых и опытных работ, а также их масштаб.

Среди многих вопросов инженерной геологии, связанных с изучением лавовых пород, весьма важное значение имеет вопрос количественной оценки их трещиноватости и трещинной пустотности.

Трещиноватость является одной из характернейших черт скальных пород, определяющих основное различие их физико-механических свойств в образце и в массиве. Устойчивость, проницаемость, фильтрационная и механическая анизотропность, разрабатываемость и блочность скальных массивов зависят, главным образом, от степени и характера трещиноватости горных пород. Поэтому оценка трещиноватости в ряде случаев является первостепенной задачей инженерно-геологических исследований.

В литературе известно довольно много методов изучения трещиноватости скальных пород. Однако большая часть их касается вопросов генезиса различных типов трещин в связи с происхождением геологических структур, механизмов складкообразования и т. п. Эти методы разработаны в основном уже давно и довольно детально. Разработка методов оценки трещиноватости в прикладных целях и прогноза влияния ее на качество скальных массивов началась сравнительно недавно и в настоящее время практически еще не закончена. Многими советскими авторами делались попытки составления классификаций трещин по генетическим, морфологическим, гидрогеологическим, фильтрационным, количественным и некоторым другим признакам. Краткий обзор большей части существующих классификаций трещин можно найти в работе Л. И. Нейштадт «Методы геологического изучения трещиноватости горных пород при инженерно-геологических исследованиях» [9].

Для количественной оценки трещиноватости А. И. Силиным-Бекчуриным [15], А. В. Королевым [7], Е. Н. Пермяковым [11], Г. М. Ломизе [8], Л. И. Нейштадт [9], М. В. Рацем [12] и др. предложен ряд понятий и характеристик, из которых в практике инженерно-геологических исследований чаще всего используются:

1. Модуль трещиноватости—число трещин, приходящихся на 1 линейный метр разреза (по А. И. Силину-Бекчурину).

2. Коэффициент трещинной пустотности—отношение площади всех трещин к площади рассматриваемого участка породы (по Л. И. Нейштадт).

3. Объемная трещинная пустотность.

В качестве основных параметров трещиноватости большинством авторов признаются следующие:

1. Густота трещин.

2. Ширина (раскрытие) трещин.

3. Протяженность трещин.

4. Азимут и угол падения плоскостей трещин.

5. Заполнитель трещин.

Всеми вышеуказанными авторами в качестве основного метода оценки трещиноватости предусматривается натурное обследование по-

верхностей обнажений и стенок разведочных выработок с производством соответствующих зарисовок и измерений.

Большинство авторов признает также, что количество наблюдаемых в обнажениях трещин в большой степени зависит от ориентировки плоскости обнажения. Так, например, трещины пересекающие плоскость обнажения под малым углом, проявляются как редкие, а трещины, параллельные плоскости обнажения, вообще могут быть не обнаружены. Кроме того, в обнажениях трещины обычно расширены и усложнены выветриванием, а в горных выработках—взрывами. Различными авторами предложены некоторые способы внесения поправок на густоту наблюдаемых в обнажениях трещин, в зависимости от ориентировки их по отношению к плоскости обнажения, но эти способы могут быть достоверными, главным образом, только для случаев с относительно ровными плоскостями обнажений и трещин. В природе же преобладающая часть поверхностей обнажений имеет криволинейный характер, а плоскости трещин чаще всего простираются весьма прихотливо. Поэтому точные геометрические построения для объемного представления о густоте и ширине трещин, как правило, затруднительны и сложны. Для избежания этих трудностей и исключения (уменьшения) искажающего влияния ориентировки плоскостей обнажений и трещин Л. И. Нейштадт и М. В. Рац (авторы последних методик) рекомендуют производить изучение трещиноватости на многочисленных разнообразно ориентированных плоскостях обнажений и стенках горных выработок. Однако, если принять во внимание, что большая часть полевых измерений осуществляется младшим техническим персоналом, что плоскости и края трещин чаще всего неровные, покрыты карбонатными солями, гидроокислами железа или глинистым материалом и что при этом может проявиться субъективный взгляд на тонкие и волосные трещины, то точность всех этих методов следует признать по меньшей мере недостаточной.

Крупные тектонические трещины большинством авторов рекомендуется учитывать в индивидуальном порядке.

Безусловно, что в различных по литологическим и структурным особенностям массивах одни из параметров трещиноватости могут приобретать более или менее важное значение, а другие иногда могут полностью терять практический смысл. В связи с этим и подход к количественной оценке тех или иных параметров применительно к разным скальным массивам может быть различным.

Так, например, при изучении трещиноватости лавовых пород четвертичного и большей части верхнетретичного возраста практический смысл имеют в основном первые два параметра (густота и ширина трещин).

В отдельных случаях может потребоваться также изучение заполнителя трещин. Остальные параметры у них обычно зависят от характера первичной отдельности и специальное изучение их смысла не имеет.

Не останавливаясь более на характеристике известных методов изучения трещиноватости других геолого-литологических комплексов пород,

рассмотрим некоторые специфические особенности количественной оценки трещиноватости лав.

Преобладающая часть лав Армении представлена, как известно, серией эффузивов семейства андезито-базальтов, но во многих местах имеют значительное распространение и типичные базальты, андезиты, а также дациты, липарито-дациты, обсидианы и туфы [1, и др.].

Общее количество лавовых покровов и потоков на территории Армении огромно. Только среди четвертичных лав насчитывается около 100 различных потоков мощностью от 2—5 м, до 100—150 м и более.

Лавы верхнетретичного возраста в той или иной степени участвуют в складкообразовании нагорья, поэтому характер залегания их на различных участках изменчив. Залегание же более молодых лав, как правило обусловлено наклоном и неровностями древнего рельефа, по которому они растекались.

Макроскопически среди лав всех возрастов имеется довольно много разновидностей, отличающихся, помимо петрографического состава, как оттенками цветов и различной степенью раскристаллизованности, так и различной плотностью (пористостью), характером первичной отдельности и трещиноватости. Для более древних потоков (покровов) лав часто характерна значительная видоизмененность и выветрелость их. В особенности это присуще хорошо раскристаллизованным разностям. Молодые же четвертичные лавы имеют преимущественно свежий облик.

Наиболее характерной формой первичной трещинной отдельности большинства маломощных, а также верхних и краевых частей более мощных покровов и потоков лав является глыбовидная отдельность. Расчлененная многочисленными трещинами на блоки различной полигональной формы размером от 0,3—0,5 до 1,0—2,0 м лава часто имеет здесь вид разборной скалы. Больше всего это свойственно молодым андезито-базальтовым лавам. В высокогорных и предгорных районах обширные потоки последних в целом ряде случаев с поверхности превращены в хаотические нагромождения глыб (каменные поля), отличающиеся почти полным отсутствием почвенно-растительного покрова (фиг. 2). Последнее явление по-видимому связано в основном с морозным выветриванием лав и сейсмическими процессами.

Другой распространенной формой первичной отдельности, характерной для всех лав и особенно для четвертичных базальтов и андезито-базальтов, является столбчатая отдельность.

В четвертичных лавах, залегающих на различных денудационных уровнях в пределах речных бассейнов, столбчатая отдельность, как правило, имеет место в нижних и средних частях потоков; причем, более правильные шести- и пятигранные формы столбов толщиной от 0,3—0,5 до 1,0—1,5 м наблюдаются в более мощных потоках, где вероятно было обеспечено медленное остывание лавы в сейсмически спокойной обстановке. В маломощных потоках столбы обычно имеют менее совершенные формы. В лавах, залегающих на неровных погребенных поверхностях, часто можно наблюдать наклоненность и изогнутость столбов у основа-

ний потоков с тенденцией к перпендикулярному положению по отношению к подошве, что безусловно объясняется напряжениями, возникшими от собственного веса лав (фиг. 6).

В лавах плиоценового и более древнего возраста совершенные формы столбчатой отдельности встречаются сравнительно редко. Здесь ча-



Фиг. 2. Глыбовая отдельность и глыбовые развалы на поверхности покрова верхнечетвертичных андезито-базальтовых лав.

ще наблюдаются переходные формы отдельностей от глыбовидной к грубостолбчатой и плитняково-столбчатой.

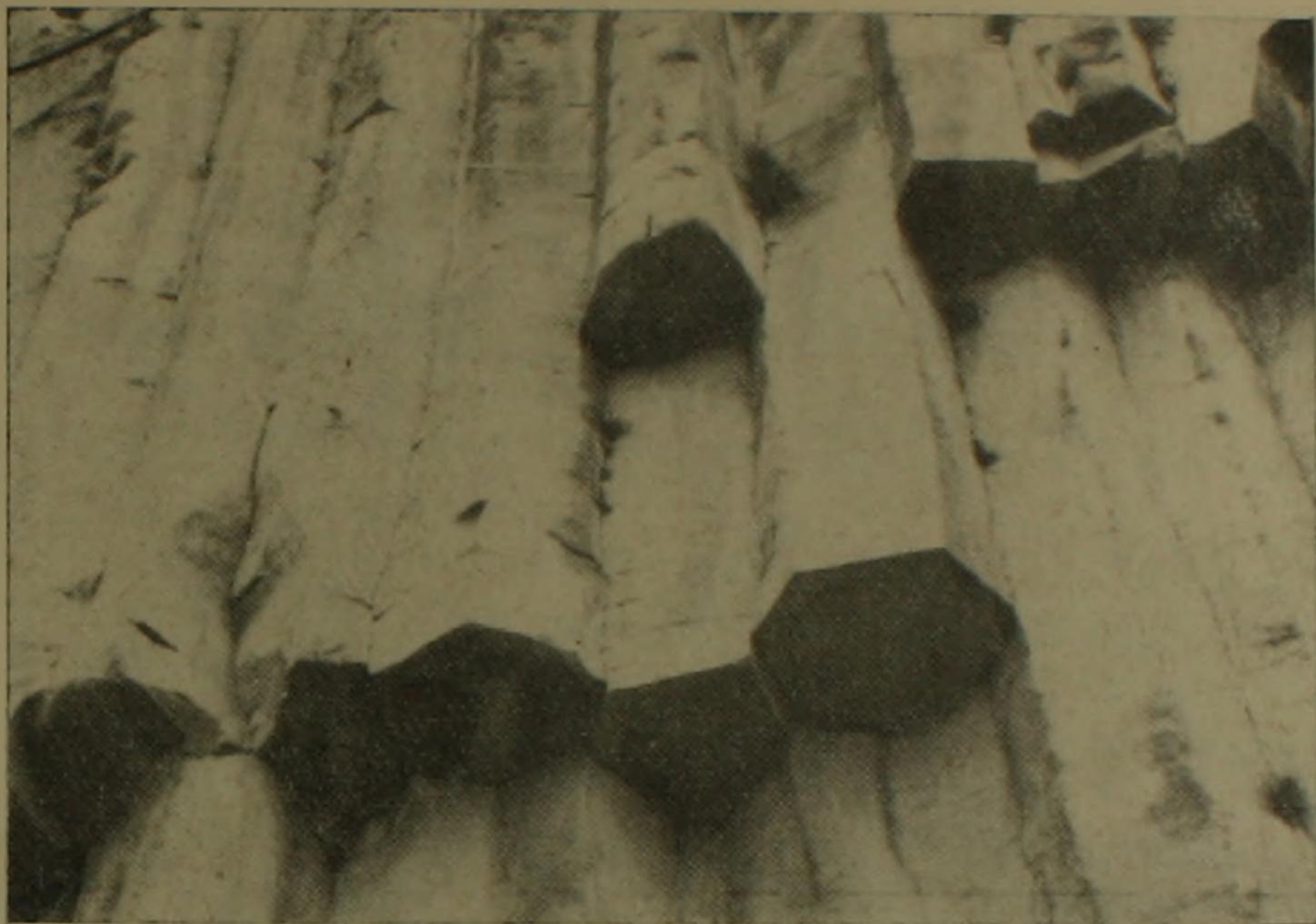
В долине р. Раздан, где имеются прекраснейшие обнажения базальтовых и андезито-базальтовых лав со столбчатой отдельностью, автором настоящих строк были произведены многочисленные замеры ориентировки боковых граней столбов относительно стран света, так как некоторыми исследователями, занимающимися изучением трещиноватости, высказывались мнения о существовании в этом отношении определенных закономерностей. Наблюдения и замеры показали, что в большей части массивов преобладают шестигранные столбы, общее количество которых составляет от 36,6 до 64,4%. Затем в убывающем порядке следуют пятигранные, семигранные и четырехгранные столбы; в единичных случаях встречаются также восьмигранные и трехгранные столбы. В отдельных массивах можно наблюдать шести- и пятигранные столбы в равных соотношениях.

Преобладание шести- и пятигранных сечений столбов в лавах следует объяснять известной эффективностью (рациональностью) этих природных форм в смысле объемного уплотнения.

Образование столбчатой отдельности происходило в результате расщеливания лав под воздействием внутренних сил растяжения, возникав-

ших при остывании и объемном сжатии, а также усилий от их собственного веса.

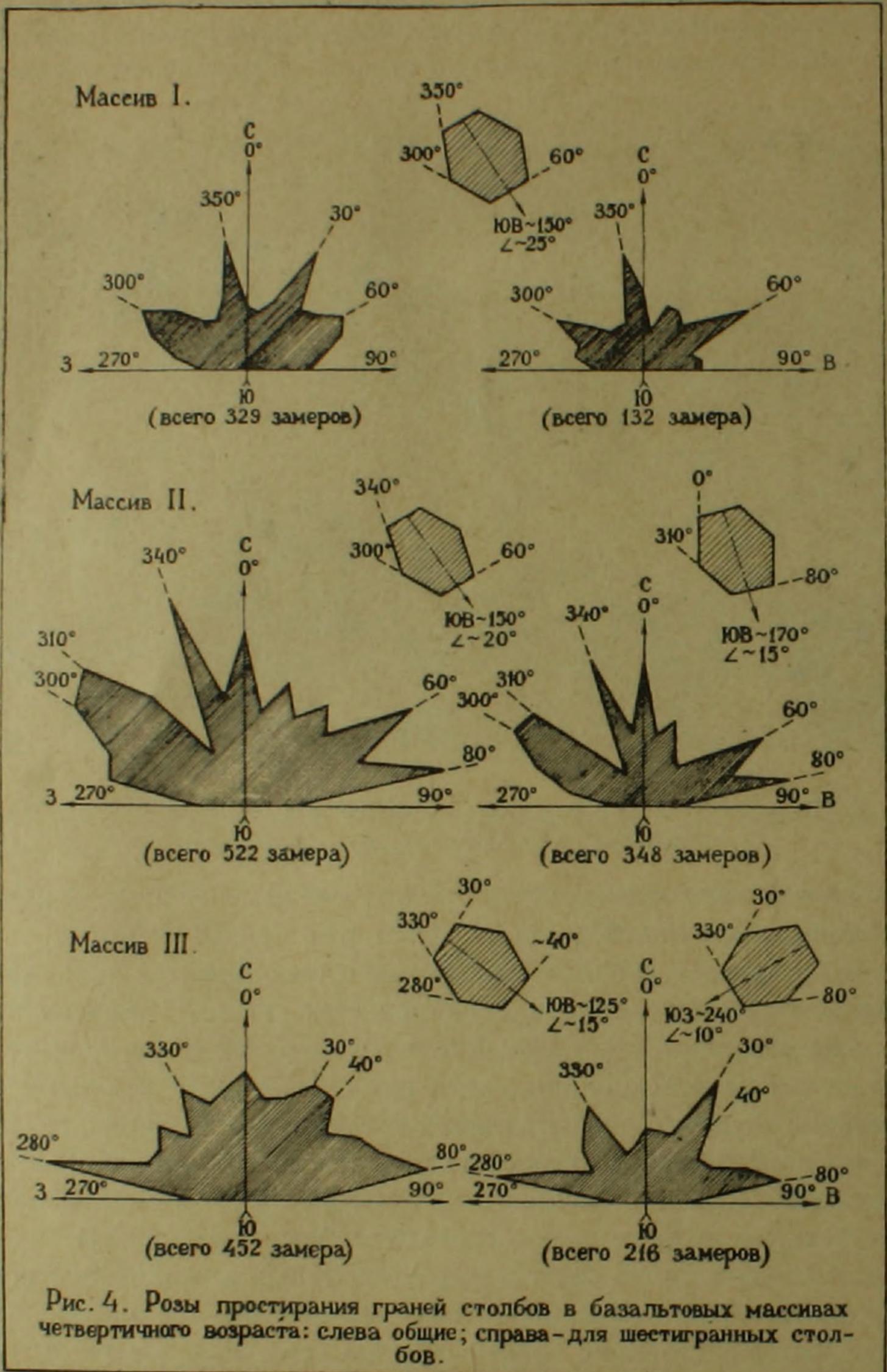
Многогранники поперечного сечения большей части столбов весьма далеки от правильных геометрических форм (фиг. 3). В мощных потоках лав, где столбы имеют значительную длину, часто можно наблюдать в той или иной степени перекрученные столбы—с различной ориентиров-



Фиг. 3. Общий вид трещиноватости в четвертичных базальтовых лавах со столбчатой отдельностью (каньон р. Раздан).

кой граней в верхней и нижней частях, а также изменения форм поперечного сечения вдоль столбов. Однако, при всей прихотливости простираций граней отдельных столбов, во всех обследованных массивах отчетливо проявляются преобладающие направления, строго отвечающие направлениям основных усилий, действовавших в массиве в момент кристаллизации и растрескивания лав. Такими основными усилиями были нормальная и касательная составляющие, возникавшие на наклонных поверхностях подстилающего рельефа от собственного веса лав. Под влиянием нормальных составляющих в каждом конкретном случае возникали соответствующие продольные формы столбов—вертикальные, наклонные или изогнутые, а под воздействием касательных усилий формировались преобладающие формы их поперечных сечений. На рисунке 4 изображены розы простираения граней столбов трех обследованных массивов базальтов четвертичного возраста. Для каждого массива слева изображены общие розы, а справа—розы простираения граней преобладающих шестигульных столбов. Показаны также ориентированные преобладающие поперечные сечения шестигранников и направления падения поверхностей оснований лавовых массивов для характерных участков, соответствующие направлениям основных касательных усилий. Из ри-

сунка явствует, что, в зависимости от направлений касательных усилий, в массиве преобладают соответствующие им направления основных трещин первичной отдельности (ориентировка граней столбов). Так в мас-



сиве I, залегающем на погребенном склоне долины р. Раздан юго-восточной экспозиции (ЮВ-150°) крутизной около 25°, преобладают шестиугольные столбы с простиранием граней СВ—60°, СЗ—300° и ССЗ—350°. Первое преобладающее направление (СВ—60°) соответствует трещинам бортовой разгрузки, а два других—трещинам скола, направленным под углами 60—70° по отношению к первым или под углами 20—30° по отно-

шению к направлению основного касательного усилия. Столбы у оснований наклонены под углами $70\text{--}80^\circ$ к горизонту и занимают почти перпендикулярное положение по отношению к наклонной подошве. В массивах II и III лавы залегают на вогнутых склонах древней (погребенной) долины. В связи с этим здесь проявляются два направления касательных усилий и соответствующих им трещин бортовой разгрузки, в зависимости от которых изменяются и преобладающие направления трещин скола. Лавы массива III выполняют неглубокую древнюю ложбину, на противоположных склонах которой развивались касательные напряжения в направлениях ЮВ 125° и ЮЗ 240° под углами $10\text{--}15^\circ$. Трещины бортовой разгрузки, простирающиеся параллельно склонам погребенной ложбины (СВ $30\text{--}40^\circ$ и СЗ 330°) как бы обрисовывают ее контуры.

По направлениям касательных усилий во всех массивах обычно отмечается вытянутость шестигранников, а в вертикальных плоскостях, соответствующих этим усилиям, наблюдается наклонность и изогнутость столбов.

В условиях сложного горного рельефа Армении нам не представилась возможность встретить столбчатый массив лав, залегающий на достаточно обширной (в плане) горизонтальной подошве, в котором не было бы факторов проявлений касательных усилий. Возможно, что в этом случае ориентировка граней столбов подчинялась бы другим закономерностям; в частности, здесь могли проявляться силы магнитного поля Земли и т. п.

В средних горизонтах лавовых потоков местами наблюдается мелко столбчатая и призматическая отдельность как с вертикальной, так и разнообразной наклонной ориентировкой столбов-призм; причем, призматическая отдельность часто переходит в полиэдрическую-брекчиевидную. В долине р. Раздан имеется ряд потоков у которых вся средняя часть мощностью от 5 до $50\text{--}60$ м, характеризуется мелкопризматической и брекчиевидной отдельностью (фиг. 5—7). Порода состоит здесь из мелких (преимущественно до $10\text{--}20$ см) полиэдрических кусков и призм, отделенных друг от друга волосными трещинами. В естественных обнажениях поверхность этой части лавовых потоков имеет шагреновый вид. Лавы с брекчиевидной формой первичной отдельности обыкновенно обладают повышенной устойчивостью к выветриванию, благодаря чему эти части потоков на склонах образуют выпуклые—нависающие обрывы.

Образование мелкопризматической и брекчиевидной первичной отдельности следует связывать с обстановкой интенсивных сейсмических колебаний земной поверхности, имевшей место в период остывания и кристаллизации лав.

В верхнетретичных лавах, наряду со всеми вышеуказанными формами первичной отдельности, часто наблюдается и вторичная трещиноватость, генетически связанная с сеймотектоническими процессами и выветриванием. Эти лавы местами участвуют в складкообразовании страны, а иногда подвержены и мелким дизъюнктивным нарушениям, поэтому для отдельных их участков в известной степени характерна тре-

щниноватость, свойственная и другим скальным породам. В базальтах и андезито-базальтах верхнетретичного возраста нередко можно встретить плитчатую, пластово-плитчатую, шаровидную и скорлуповатую формы отдельности, а местами и зоны дробления, представленные дресвяно-щебенистым материалом, что, наряду с наличием в них линз, гнезд и карманов вулканических шлаков, часто определяет их общую неоднородность.



Фиг. 5. Столбчатая и призматическая отдельность в четвертичных долеритовых базальтах (каньон р. Раздан).

И так, трещиноватость и трещинная пустотность в четвертичных лавах и в преобладающей части лав верхнетретичного возраста образовалась, главным образом, в результате растяжений, обусловленных сокращением объемов их при остывании. Следовательно, применительно к этим породам можно говорить о первичной трещинной отдельности и первичной трещинной пустотности, которыми в основном и определяется общая их трещиноватость. Количественная оценка трещинной пустотности лав в таком случае может основываться на общеизвестных законах

физики. Для этого необходимо лишь знать коэффициенты температурного расширения соответствующих лавовых пород и температуры перехода их из пластичного состояния в твердое (жесткое) состояние.

Имеющиеся в настоящее время многочисленные данные термических анализов магматических пород, накопленные развивающейся промышленностью каменного литья, а также в области экспериментальной



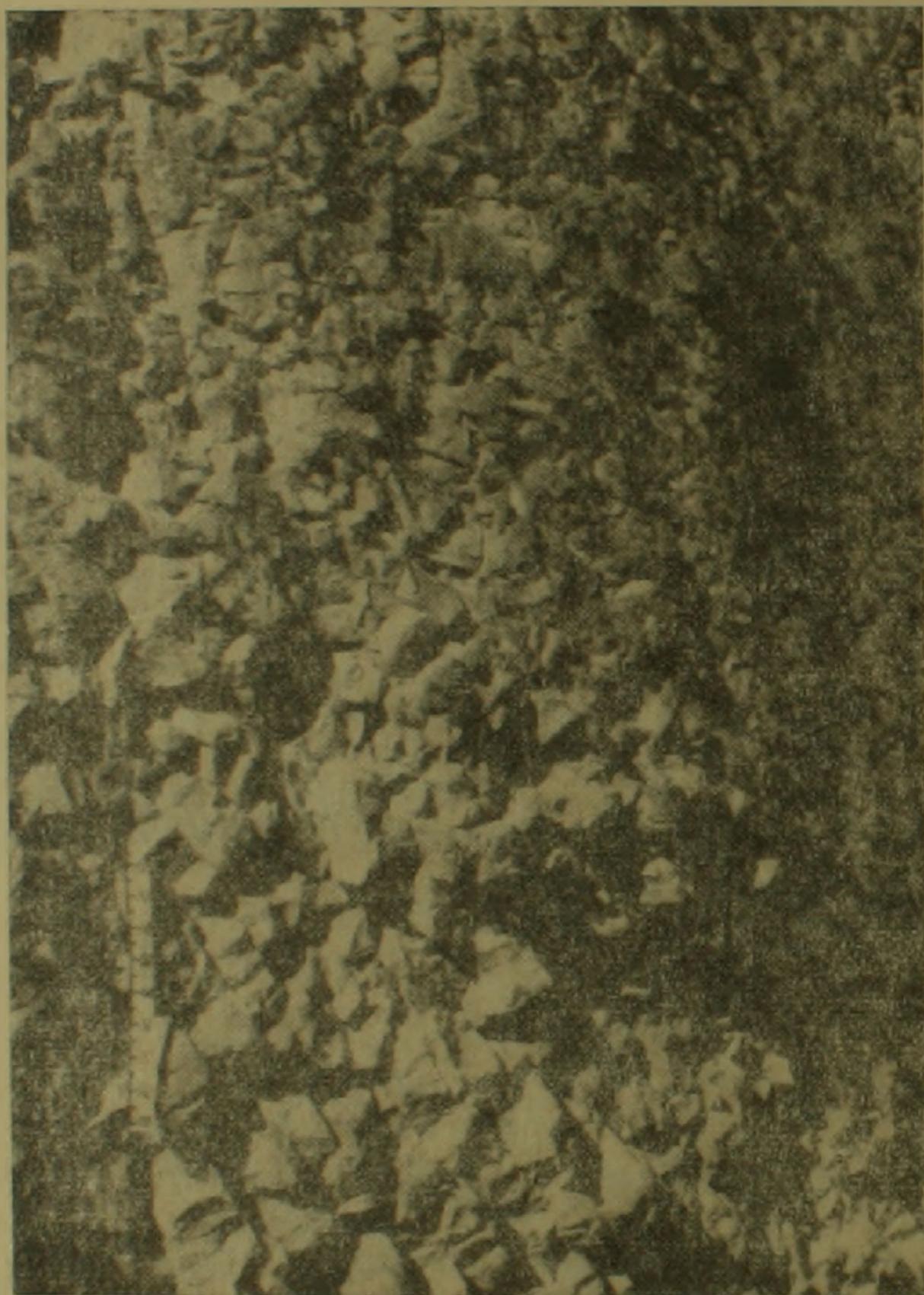
Фиг. 6. Изогнутость столбов (.а*) и выпуклость склонов (.б*) на участках лав с брекчиевидной отдельностью (каньон р. Раздан).

минералогии и петрографии, позволяют с достаточной для практики точностью определять для каждой петрографической разновидности лав средние величины коэффициентов температурного расширения и возможные температуры перехода их в твердое состояние, т. е. температуры начала сжатия и растрескивания породы как твердого тела.

Наблюдения за извержением современных действующих вулканов показывают, что одновременно с поднятием магмы, из них в огромном количестве выделяются пары воды и различные газообразные продукты, среди которых особенно важную роль играют углекислота, различные сернистые, хлористые, фтористые и другие соединения, а также фтор, водород и др. Особенно это характерно для извержений магмы основного состава. Насыщенные летучими компонентами магматические расплавы часто обладают высокой подвижностью (текучестью) даже при температурах порядка 700—800°C. Так для андезитовой лавы Шевелуча (Камчатка) в 1946—1947 гг. наблюдалась температура, равная 700—750°C; для дацитовой лавы Лассен-Пик (Калифорния) в 1914—1917 гг.

была зафиксирована температура, равная 750°C , а для базальтовой лавы Ключевской сопки в 1938 г. была установлена температура от 870° до 1200°C .

Преобладающая часть лав Армении отличается значительной пористостью (от 1—2 до 20—30%, а для туфолав и до 65%), следовательно излившаяся магма обладала богатым содержанием летучих компонентов и могла растекаться при температурах порядка $700—1000^{\circ}$, а иногда, возможно и при температурах $650—700^{\circ}\text{C}$.



Фиг. 7. Общий вид трещиноватости в базальтах с брекчиевидной отдельностью (каньон р. Раздан).

Установлено также, что при охлаждении базальтовых, андезитовых, диабазовых и других лав в них образуются отдельные кристаллические фазы.

Первой такой фазой кристаллизации, является магнетит, кристаллы которого, разрастаясь, образуют дендриты. Зародыши кристаллов магнетитовой фазы нередко служат центрами кристаллизации пироксенов и

плагиоклазов. Выделение магнетита происходит в интервале температур от ликвидуса до 620°C .

При дальнейшем охлаждении лавы начинается выделение другой фазы—оливина. Кристаллизация его начинается в основных лавах при температуре $1200\text{—}1300^{\circ}\text{C}$, а в более кислых расплавах—при температуре $1168\text{—}1135^{\circ}\text{C}$, вслед за выделением плагиоклазов. При большом содержании окиси кремния (SiO_2) и малом содержании окиси магния (MgO) в лавах оливин не выделяется. Заканчивается кристаллизация оливина при температуре $700\text{—}800^{\circ}\text{C}$.

Плагиоклаз—эвтектическая смесь кристаллов альбита и анортита—обычно начинает кристаллизоваться при температуре 1160°C . Наибольшая скорость кристаллизации его наблюдается при температуре 1100°C . Конец кристаллизации плагиоклаза не установлен, так как при температуре ниже 1000°C его образование становится слабозаметным вследствие выделения других фаз. Выделение пироксенов происходит при температурах $1200\text{—}1143^{\circ}\text{C}$. Максимальная скорость кристаллизации их наступает при температуре 1030°C . Конец кристаллизации пироксенов обычно наступает при температуре около 800°C , но в отдельных случаях (в присутствии летучих компонентов) процесс может заканчиваться только при температуре 600°C . Амфиболы кристаллизуются в очень узком температурном интервале—от 1150 до 1050°C , поэтому в лавах они обычно встречаются в небольших количествах. В основных лавах с большим содержанием окиси кальция (CaO) в интервалах температур от 1250 до 920°C выделяется мелилит. Кроме кристаллических фаз, в лавах обычно остается большее или меньшее количество стекловидной фазы.

Считается, что при температуре ликвидуса и выше в расплаве существует лишь одна фаза—стекловидная. В дальнейшем эта фаза постепенно убывает, меняется структура и окраска расплава, в зависимости от характера и соотношения выделяющихся кристаллов. При 1200°C фаза стекла еще составляет 90% лавовой массы. С появлением плагиоклаза и пироксена фаза стекла быстро убывает и при температуре около 1020°C почти совсем исчезает. С дальнейшим понижением температуры стекловидная фаза снова увеличивается. При температуре $900\text{—}800^{\circ}\text{C}$ она в отдельных случаях снова исчезает, но с последующим быстрым охлаждением, при достижении области превращений (трансформации) фаза стекла иногда вновь возрастает почти до 100%.

Таким образом, из вышесказанного явствует, что кристаллизация магматических расплавов происходит в широких температурных интервалах от 1300 до 600°C . По мере охлаждения и выделения кристаллических фаз увеличивается вязкость магматического расплава; причем, в более кислых силикатных расплавах обычно происходит выделение силикатов со сложной кристаллической решеткой (типа пироксенов диопсид-авгитового ряда, плагиоклазов, амфиболов), благодаря чему вязкость этих расплавов увеличивается быстрее, чем у более основных лав. Этим объясняется худшая раскристаллизованность лав среднего и кислого состава.

Экспериментально установлено, что нижняя температурная граница, при которой кончается выделение кристаллических фаз, для лавовых пород лежит выше температуры перехода их из пластичного в твердое (жесткое) состояние.

Многими исследователями [4, 10, 13] измерялись температуры начала размягчения различных лавовых пород.

По данным П. П. Гамбаряна, эти температуры для базальтов и андезито-базальтовых лав Армении лежат ниже 660—675°C. Определенные им температуры (табл. 1) сам исследователь считает несколько за-

Таблица 1

Диаметр палочек, мм	Туманянский (Колагеранский, базальт)	Тохмахангельский базальт	Андезито-базальт
0,30	660°	675°	670°
1,00	690°	720°	720°

вышенными, так как они определены при условии полегания соответствующих палочек под воздействием их собственного веса и зависели от диаметра палочек.

А. Пеликан [10] для стекловидных базальтов приводит температуру начала размягчения, равную 650°C. Надо полагать, что в ходе обратного процесса, т. е. при переходе из пластичного состояния в твердое, температуры могут быть более низкими, тем более в естественных магматических расплавах с летучими компонентами. Для силикатных стекол известны [16] температуры стеклования от 450 до 550°C.

Учитывая все вышеизложенное, можно считать, что переход преобладающей части лав Армении из пластичного в твердое (жесткое) состояние происходил при температуре от 550 до 650°C. Стеклование же отдельных более кислых магматических расплавов (типа дацитов, липарито-дацитов, дацитовых туфолав, обсидианов и т. п.), по-видимому, происходило при температуре от 400 до 550°C.

Армгидропроект

Поступила 8.IX.1965.

Ի. Ս. ՏՈԼՈԿՈՆՆԻԿՈՎ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԼԱՎԱՆԵՐԻ ԾԵՂՔՎԱԾՔԱՅՆՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԾԵՂՔՎԱԾՔԱՅԻՆ
ԴԱՏԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿԱԿԱՆ ԴՆԱՀԱՏՄԱՆ ՍԿԶԲՄՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ծեղքվածքայնությունը հանդիսանում է ապարների հիմնական հատկանիշներից մեկը, որը բնորոշում է նրանց ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների հիմնական տարբերությունը նմուշում և ապարի զանգվածում:

Գրականության մեջ հայտնի են ճեղքվածքայնության ուսումնասիրման բավականին շատ մեթոդներ, սակայն նրանցից մեծ մասը վերաբերվում է տարբեր տիպի ճեղքերի առաջացման հարցին: Ծեղքվածքայնության քանակական գնահատումը՝ կիրառական տեղակետից և նրա ազդեցությունը ապարների որակի վրա ուսումնասիրված են անբավարար և շատ դեպքերում կատարյալ չեն:

Հայաստանի լավանների բնորոշ հատկությունները պահանջում են նրանց նկատմամբ կիրառել ճեղքվածքայնության ուսումնասիրման հատուկ մեթոդիկա:

Հայաստանի լավանների ճեղքվածքայնությունը և ճեղքվածքային դատարկությունները գերազանցապես առաջացել են ձգման ուժերի ազդեցության տակ, որոնք հետևանք են լավանների սառեցման ժամանակ նրանց ծավալների փոքրացման: Հետևաբար, այդ ապարների նկատմամբ կարելի է կիրառել սկզբնական ճեղքվածքային անջատումներ և սկզբնական ճեղքվածքային դատարկություններ հասկացությունները: Այդ դեպքում ճեղքվածքայնության հիմնական սլարամետրերի քսինակական ղնահատումը, նրանց դաշտային ուսումնասիրության պայմաններում, պետք է հիմնվի լավանների միներալային կազմի, ստրուկտուրայի, տեկտոնիկայի և ջերմային հատկությունների վրա: Հետ որում, լավայի ամեն մի սլետրոպրաֆիական տարրերակի ճեղքվածքային դատարկությունը մոտ է մի կայուն մեծության, որը որոշվում է լավայի սառեցման ժամանակ ջերմաստիճանային սեղմումով՝ ըստ ֆիզիկայի հանրահայտ օրենքների: Դրա համար էլ անհրաժեշտ է գիտենալ համապատասխան լավային ապարի ջերմաստիճանային ընդարձակման գործակիցը և նրա կարծր լիճակի անցման ջերմաստիճանը, որը ներկա ժամանակում ոչ մի դժվարություն չի ներկայացնում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Айпетрат. Ереван, 1958.
2. Белянкин Д. С. Об эксперименте в петрографии. Труды четвертого совещания по экспериментальной минералогии и петрографии, вып. II, изд. АН СССР, М., 1953.
3. Вагин В. В., Пирогов Б. И. Каменное литье Машгиз, М., 1962.
4. Гамбарян П. П., Арутюнян Ф. Г. и Ротиняц Л. А. Исследование условий кристаллизации плавленых базальтов. Минеральное сырье, № 11, 1935.
5. Гинзберг А. С. Очерк истории развития экспериментальных исследований в области минералогии и петрографии в России. Труды четвертого совещания по экспериментальной минералогии и петрографии, вып. II, АН СССР, М., 1953.
6. Заварицкий А. Н. Изверженные породы, изд. АН СССР, 1956.
7. Королев А. В. Методы изучения мелкой трещиноватости горных пород. Труды института геологии АН Узбекской ССР, вып. 6, 1951.
8. Ломизе Г. М. Фильтрация в трещиноватых породах. Госэнергоиздат, М.—Л., 1951.
9. Нейштадт Л. И. Методы геологического изучения трещиноватости горных пород при инженерно-геологических исследованиях. Госэнергоиздат, 1957.
10. Пеликан Антонин. Плавленые камни. Производство и использование в промышленности. Перевод с чешского. Металлургиздат, М., 1959.
11. Пермяков Е. Н. Тектоническая трещиноватость русской платформы. Изд. МОИП, вып. 12, М., 1949.
12. Рац М. В. Статистико-генетический метод изучения трещиноватости. Изд. института «Гидропроект», М., 1962.
13. Ротиняц Л. А., Манвелян М. Г. Исследование условий кристаллизации плавленых базальтов. Минеральное сырье. № 12, 1935.
14. Силин-Бекчурин А. И. Краткие итоги инженерно-геологического изучения пород сантона и кампана в районе Донской плотины. Труды института геологии АН СССР, т. IX, 1939.
15. Тамман Г. Стеклообразное состояние. Перевод с немецкого, Л.—М., 1935.