

## О МАЛЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ТРЕЩИНАХ, ВЫПОЛНЕННЫХ КАЛЬЦИТОМ, И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

А. М. КУЗЬМИН

В предлагаемой вниманию читателя статье рассматриваются малые по размерам трещины в породах мелового флиша Кавказа, выполненные кальцитом, и их относительные друг друга положения, позволяющие определить последовательность их образования и сделать ряд других выводов.

### 1. Введение

Малые по размерам трещины в весьма большом числе сопровождают любые по масштабу дислокации земной коры. Однако автор ограничился рассмотрением трещин, выполненных кальцитом или кварцем. Подобные кальцитовые жилки им изучались в песчанистых известняках или в кварцево-кальцитовых песчаниках мелового флиша, развитых в районе поселка Головинка на с.-в. побережье Черного моря. Просмотр огромного материала, представленного полуокатанными плитчатыми обломками карбонатных пород, пронизанных в различной степени жилками кальцита в 0,5—10 мм, напомнил автору утверждение А. А. Белицкого, что  $N$  — число систем трещин образуется в один-два этапа [2]. Вот это-то утверждение побудило автора заняться исследованием подобных трещин. Результаты данных исследований и предлагаются вниманию читателя. Однако следует оговориться, что объектом исследования явились не сами трещины, как таковые, и не их природа. Главное внимание было сосредоточено на поисках возможности определения возрастных взаимоотношений кальцитовых или кварцевых жилок между собой, учитывая правило М. В. Ломоносова, что поздние минеральные жилы нередко пересекают более ранние и даже смещают их. Тщательное исследование подобных жилок на большом материале позволило правильно понять взаимоотношения кальцитовых жилок, выделить системы трещин и последовательность их формирования и получить тем самым большой методический материал для суждения о тектонической истории изучаемого региона.

### 2. Описание малых тектонических трещин

В связи с данной темой автором было просмотрено небольшое число коренных выходов по р. Шахе и изучено более 10000 полуокатанных плоских обломков тех же пород на Черноморском побережье и в долине р. Шахе. Обломки с кальцитовыми жилками составляют не менее 50—60% от общего их числа. Материал из коренных обнажений по четкости жильного рисунка уступает полуокатанным обломкам, с которых содра-

на корка выветривания, удалены мергелистая пленка и ржавые при-  
мазки.

В районе Головинки флишевые отложения представлены крутопада-  
ющими пачками чередующихся слоев известковистых песчаников или  
песчанистых известняков, прослоенных мергелями. Последние в корен-  
ных выходах обычно сильно разрушены и распадаются в мелкую остро-  
угольную щебенку. Карбонатные прослои по мощности не более 20 см,  
чаще не более 3—4 см толщины. Трещины, выполненные кальцитом в  
карбонатных слоях, выражены, как правило, четко. В общем, трещинный  
рисунок в плотных породах коренных выходов аналогичен такому же  
рисунку полуокатанных обломков морского побережья.

Поэтому из коренных обнажений можно ограничиться описанием  
одного примера исследований (рис. 1), который по характеру изображен-  
ных на нем кальцитовых жилок находит много представителей среди  
прибрежных обломков карбонатных пород меньшего размера. Так, в  
одном из ложков, впадающих слева в долину р. Шахе, отпрепарирована  
плита темно-серых песчанистых известняков, падающая под углом около

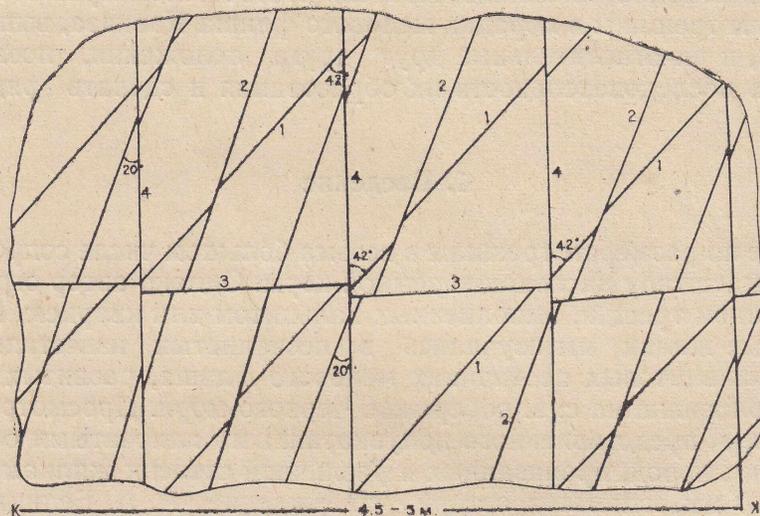


Рис. 1.

80—85°. На ее поверхности хорошо видны 4 системы кальцитовых жилок,  
из которых более ранние по времени возникновения трещины пересека-  
ются и смещаются более поздними. Наиболее ранними из них являются  
параллельные жилки первой системы трещин в 1—2 см толщины, кото-  
рые отстоят друг от друга на расстоянии 80—100 см. В пределах каждого  
блока, ограниченного трещинами (1), имеются более тонкие жилки в  
0,5 см, параллельные первым, отстоящие друг от друга и от первых в  
среднем на 20 см. По протяженности одни из них пересекают видимую  
часть плиты от края до края, другие в виде длинных и узких линз выкли-  
ниваются и в форме четкообразных линзочек пересекают плиту.

Вторая система трещин (2), не толще одного сантиметра, представ-  
лена рядом параллельных кальцитовых жилок, отстоящих друг от друга  
на 60 см. Данная система трещин (2) смещает трещины (1), выполнен-  
ные кальцитом. Третья система (3) почти горизонтальных жилок в 1,5—  
2 см толщины смещает кальцитовые жилки первой и второй систем. Чет-  
вертая система параллельных трещин (4) в 2—2,5 см толщины, падаю-  
щих под углом 85°, смещает жилки-трещины более раннего происхож-  
дения.

Одним из замечательных моментов является то, что кальцитовые

жилки всех четырех систем перпендикулярны к поверхности плиты, параллельной плоскости наложения. Впрочем, это правило строго выдерживается и на всех просмотренных полуокатанных плоских обломках породы, на камнях, используемых на укреплении бортов придорожных откосов, днища канав и в мостовых опорах и фундаментах.

В ряде других небольших по размерам обнажениях кальцитовые жилки в карбонатных породах по густоте и характеру взаимоотношений между собой напоминает рисунки жилок, которые прекрасно представлены на огромном числе обломков, разбросанных на морском побережье и бичевнике р. Шахе.

На рис. 2 представлен один из обломков с Черноморского пляжа. По характеру расположения кальцитовых жилок он напоминает картину трещиноватости, изображенную на рис. 1. В данном случае имеются только три системы параллельных трещин, выполненных кальцитом. Система трещин (1) является ранней. Следующие параллельные трещины системы (2) смещают трещины (1), а затем развивается третья система кальцитовых жилок, которые смещают жилки первой и второй систем.

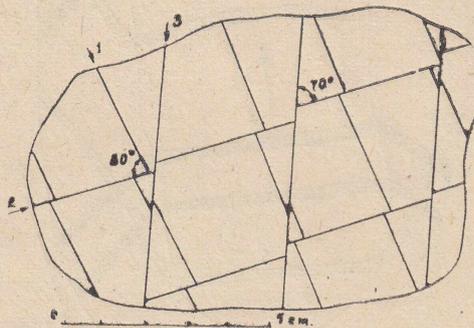


Рис. 2.

На следующем рис. 3 изображена плитка в 14 см длины и 3 см толщины. Она пронизана двумя сериями параллельных кальцитовых жилок. Первая из них представлена системой параллельных трещин в 0,5—2,5 мм толщины, выгнутых в одну сторону. Кальцитовые жилки, выполнившие трещины, имеют более сложный характер: отдельные трещины до заполнения их кальцитом испытали к тому же расщепление. Вторая система трещин в 2—3 мм по сравнению с первой оказывается более разреженной, она смещает кальцитовые жилки (1).

На рис. 4 изображен обломок песчанистого известняка. Его размеры 10×17 см. Направление слоистости показано стрелкой. Порода пересекается двумя системами кальцитовых жилок в 1,5—3 мм. Более ранняя из них смещается поздней системой. Обе системы кальцитовых жилок перпендикулярны к наложению.

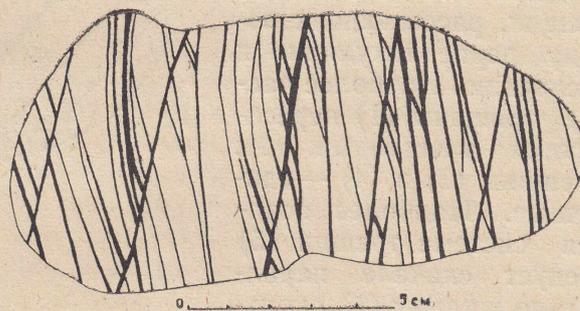


Рис. 3.

На следующем рис. 5 изображены две системы выполненных кальцитом трещин в 2,5—3,5 мм толщины, секущих темно-серый известняк. Первая система трещин (1) с трещинами второй системы (2) составляют угол 130°. Развитие трещин второй системы приводит к смещению более ранних с образованием в узле сопряжения «зигзага». Возникновение последнего можно объяснить тем, что смещение происходило не только по горизонтальной системе трещин, но одновременно и вдоль трещин первой. Кальциты этой последней несут явные следы деформации в форме смятия и искривления шестоватых кристаллов. На рис. 6 дано изображение следов трещинной тектоники на плитке песчанистого известняка, пронизанной системами трещин, выполненных

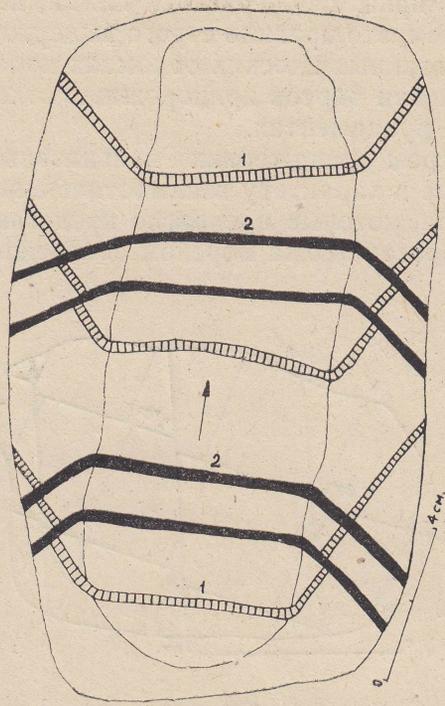


Рис. 4.

трещин разных систем прежде всего бросается в глаза то, что вновь возникающие жилки, как правило, не следуют по направлению ранее возникших трещин, залеченных кальцитом, а прокладывают свой путь по трещинам, созданным для них вновь накануне. И в данном случае породы пересекаются перпендикулярно к наслоению.

На следующем рис. 8 представлено до 5 систем трещин, пересекающих породу перпендикулярно к наслоению. Наиболее частые трещины (1) пересекаются трещинами (2). Трещины (3) и (4) — единичные. Наиболее поздняя система трещин (5) следует сначала параллельно жилкам (1), скользит по трещинам (4), а затем в левом верхнем углу снова следует по трещине (1). Порода в целом подвергается сплошному окремнению с сохранением рисунка, созданного сериями кальцитовых жилок. Рис. 9 является зарисовкой

кальцитом. Анализируя взаимоотношения имеющихся залеченных трещин, можно убедиться в том, что каждая последующая система трещин смещает предыдущие. Амплитуда смещения в общем равна 2—3 мм. Однако разрывы и смещения хорошо заметны даже невооруженным глазом.

На рис. 7 изображена система жилкования относительно большого штуфа  $24 \times 11 \times 10$  см. Этот штуф несет большое число систем трещин, выполненных кальцитом. И в данном случае все системы трещин пересекают породу перпендикулярно к плоскости ее наслоения. Изучая взаимоотношения трещин, приходится еще раз констатировать, что и в данном случае любые последующие трещины в своем образовании смещают все предыдущие. При прослеживании кальцитовых жилок той или другой системы по падению и взаимоотношения трещин

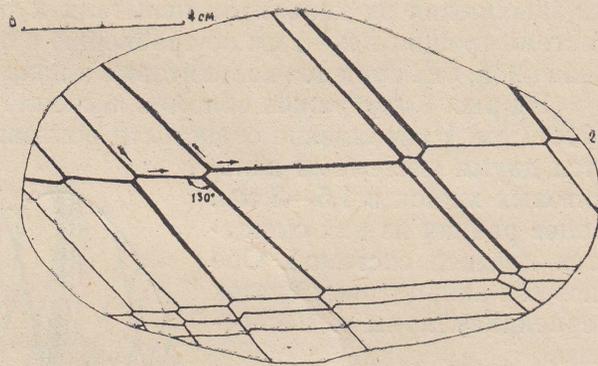


Рис. 5.

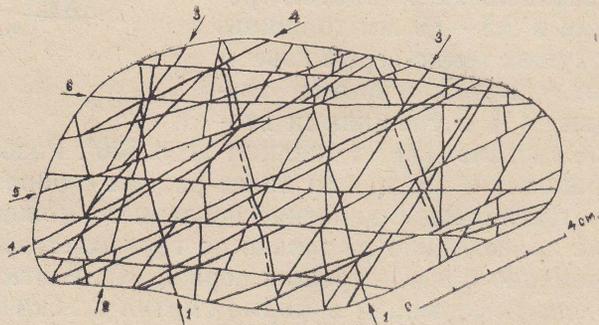


Рис. 6.

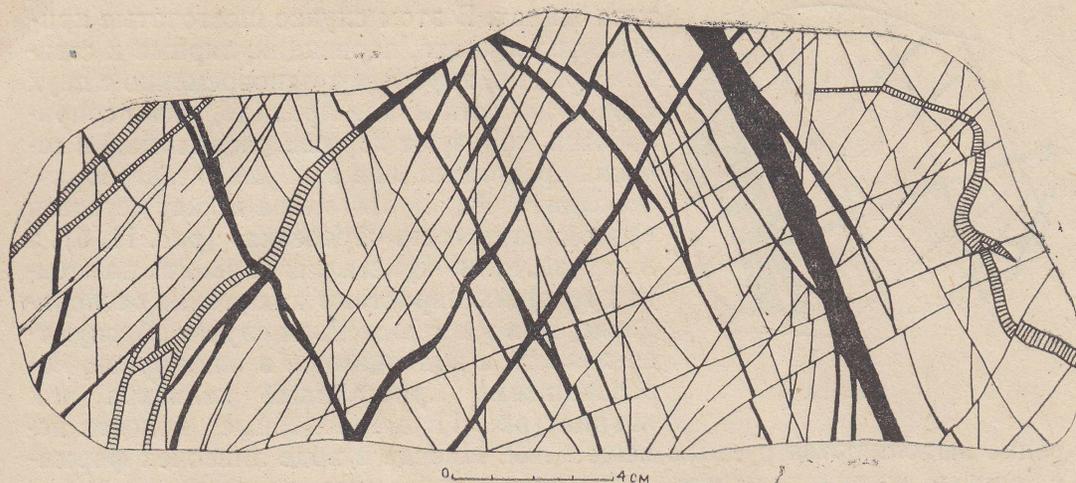


Рис. 7

совкой образца песчанистого известняка в 3,5 см толщины, в котором имеется система параллельных трещин в 2—5 мм толщины, выполненных кальцитом. Кроме того, имеются такие же кальцитовые жилки-трещины, которые расходятся пучком: как лучи из некоторой точки. Вдоль этих лучей происходит заметное на глаз смещение более ранних жилок. Подобные расходящиеся пучки трещин могли образоваться в результате кручения толщи пород.

На рис. 10 представлен новый интересный момент малой тектоники. Более ранняя система трещин (1) представлена рядом параллельных кальцитовых жилок, одна из которых в 12 мм толщины оказывается сложной. Внутренняя часть этой жилки слагается столбчатым кальцитом

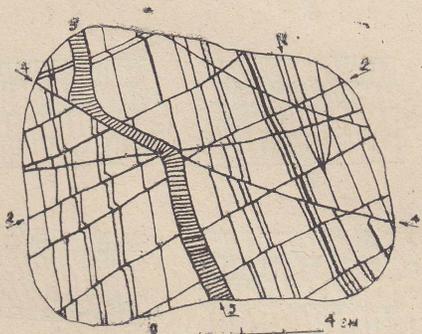


Рис. 8.

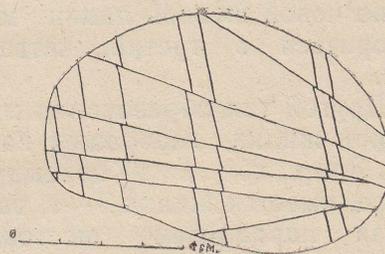


Рис. 9.

с мелкими реликтами-линзочками обломков вмещающей породы. Головки параллельно шестоватым кристаллов несколько деформированы в результате движения блоков в плоскости жилки. Позже в ее зальбандах появляются тонкие кальцитовые жилки в 2—2,5 мм. Затем образуется новая система трещин (2), которые в форме двух расходящихся пучков пересекают и смещают более ранние трещины. Подобная картина явно говорит о кручении, которому подвергались флишевые толщи пород.

### 3. Строение кальцитовых жилок

Строение кальцитовых жилок, выполняющих тектонические трещины, схематично можно иллюстрировать следующими рисунками (рис. 11). На первом из них (рис. 11, а) представлен пример строения простого

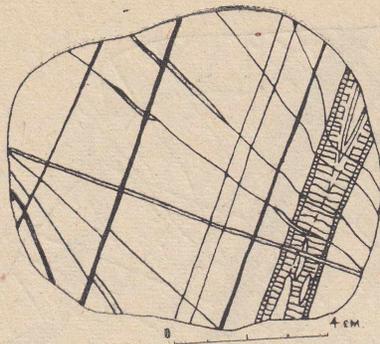


Рис. 10.

редко выполняются рудным веществом. Иногда в виде линзочек формирующиеся жилки кальцита включают обломочки вмещающих пород (рис. 11 и рис. 10).

Наряду с простым строением имеются жилы более сложные, построенные как бы из нескольких слоев, а именно: были встречены двух- и трехслойные. Например, двухслойные кальцитовые жилы могут быть двойного рода. Представим себе образование кальцитовой жилки обычного простого строения 1—1 (рис. 11, д); последующее затем растяжение разрывает жилку по срединному шву с образованием полости (щели), на стенках которой торчат головки шестоватых кристаллов. В этой полости растворы карбоната кальция благоприятствуют формированию новых шестоватых кристаллов кальцита 2—2, которые выполняют полость полностью или частично. Процесс подобного раскрытия по новой шовной линии может повториться в третий, четвертый разы.

Другой тип образования многослойной жилки изображен на рис. 11, е. Здесь, как и в предыдущем случае, имеется жилка 1—1, выполненная параллельно шестоватым кальцитом. Позже вследствие растяжения трещина разрыва развивается вдоль одного из зальбандов жилки 1—1. Образовавшаяся при этом вдоль трещины полость при участии карбонатных вод заполняется шестоватым кальцитом 2—2. Позже вследствие повторного растяжения зияющая полость может развиваться вдоль другого зальбанда.

Нередко вдоль плоскости выполненных кальцитом трещин происходят небольшие подвижки. При этом вдоль плоскости «срединного шва» головки шестоватого кальцита при трении дробятся или испытывают пластическую деформацию. На рис. 11, г изображена двуслойная жилка кальцита, в которой параллельно шестоватые кристаллы 1-1 испытали на себе пластическую деформацию: головки их оказались изогнутыми,

типа жилок. В этом случае шестоватые кристаллы кальцита, перпендикулярные к стенкам трещин, нарастают одновременно с двух сторон полости и, как правило, тесно соприкасаясь, образуют хорошо различимый в сечении срединный шов в форме зигзагообразной линии. Вдоль этого шва может остаться свободная полость «просечка» (рис. 11, б), а в случае, если кристаллы кальцита на стенках трещины нарастают как угодно беспорядочно, то в этом последнем случае образуются полости с вдающимися в них хорошо образованными кристаллами кальцита или кварца (рис. 11, в). Подобные полости

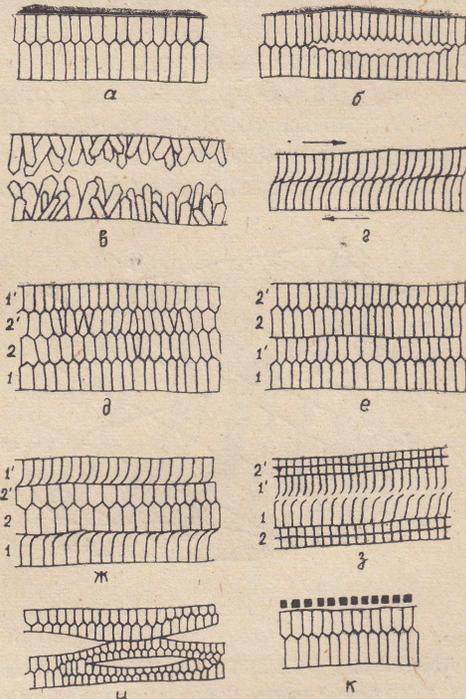


Рис. 11. Строение кальцитовых жилок.

иногда раздробленными, а образовавшаяся затем при растяжении полость была выполнена щетковидным кальцитом 2-2.

На рис. 11, з показано, что в зальбандах деформированной кальцитовой жилки 1-1 образовавшиеся полости выполнены шестоватым кальцитом. Рис. 11, к иллюстрирует, что в зальбандах простой и сложной (рис. 11, к) жилок вместе с кальцитом, с кальцитом и кварцем откладываются нередко сульфиды (черные кубики).

#### 4. Строение узлов сопряженных жилок

Другим сложным и трудно решаемым вопросом являются случаи сопряжения одних жилок кальцита с другими, т. е. определение относительного времени образования одной системы трещин и выполняющих их карбонатных жилок по сравнению с другой. Одним из очень важных моментов в данном случае является нахождение убедительных фактов истинного характера пересечения одних жилок другими. На рис. 12, а и б приведены примеры пересечения одной жилкой (1) другой (2). На рис. 12, б кальцитовая жилка под косым углом подходит к другой (2), более ранней жилке и пересекает ее в перпендикулярном направлении, т. е. в направлении ориентировки шестоватых кристаллов жилки (2), а по выходе из нее сохраняет то же направление, что и до пересечения, т. е. трещина, подходя к жилке, меняет свое направление и пересекает ее по линии наименьшего сопротивления. Заполнение трещин (2) карбонатом кальция идет так, что шестоватые кристаллы кальцита ориентируются в секущей части жилки перпендикулярно к стенкам трещины (рис. 12, б).

На рис. 12, а изображен аналогичный случай пересечения кальцитовой жилкой (1) другой карбонатной (2). Первая пересекает вторую по линии наименьшего сопротивления, но в секущей части жилки (1) тонкие параллельные шестоватые кристаллы кальцита ориентируются параллельно стенкам жилки и параллельно кристаллам пересекаемой жилки (2). В этом случае участок пересечения выглядит особенно белым, плотным на общем фоне кальцитовых жилок, которые вне места пересечения обычно полупрозрачны. В данном случае ориентировка новых кристаллов подчиняется ориентировке имеющихся ранее образованных кристаллов.

На рис. 12, в изображен пример явного пересечения жилки (1) жилкой (2). На следующем рис. 12, д отчетливо видно, что кальцитовая жилка (1) пересекает и несколько смещает жилку (2). На рис. 12, г имеет место сопряжение трех жилок кальцита. Из них наиболее ранней является сложная жилка с показателями 2—1—1—2, которая смещается жилкой (3). Карбонатная жилка (4) подходит под углом к третьей, скользит по шву между жилками 3 и 4 и на выходе отклоняется

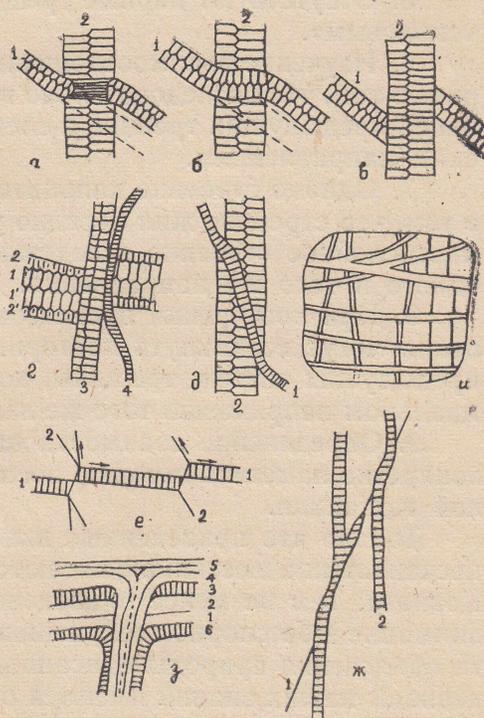


Рис. 12. Узлы сопряжения кальцитовых жилок.

вправо. Рис. 12, е иллюстрирует сложный узел кальцитовых жил, аналогичных узлам рис. 5. Жилка кальцита (1) разбивается на блоки, каждый из них испытывает сложное смещение вдоль жилки (1) и одновременно вдоль трещины (2). Рис. 12, ж показывает, что слои кальцита 1, 2, 3, составляющие строение сложной жилки, и затем возникшая в перпендикулярном к ним направлении трещина выполняются двусторонним слоем шестоватого кальцита. Позже вдоль внешнего края этой сложной жилки то с одной стороны, то с обеих сторон откладывается метасоматический кальцит.

Одним словом, узлы сопряжений могут быть построены весьма сложно, в их строении могут принять участие несколько систем трещин, и для них справедлив закон: по мере возможности не следовать вдоль уже существующих трещин.

### 5. Механизм образования трещин

Прежде, чем перейти к вопросу механизма образования трещин, приведем основные выводы, которые следуют из фактического материала по трещиноватости известково-песчаных пород из мелового флиша района поселка Головинка.

1. Отсутствуют трещины внутри пласта, параллельные наслоению.
2. Трещины, выполненные в одних случаях кальцитом, а в других — жильным кварцем, в общем перпендикулярны к наслоению и к сланцеватости пород.
3. Трещины одной системы параллельны друг другу, отстоят друг от друга на более или менее равных расстояниях или на расстояниях, кратных некоторому периоду повторяемости.
4. Одна система трещин по отношению к другой или к другим наклонена под некоторым определенным углом. При этом одна система трещин, более поздняя, пересекает и смещает более раннюю или более ранние системы трещин.
5. Отсутствуют парные трещины, которые можно было бы отнести к «сколовым».
6. Изучение взаимоотношений трещин между собой позволяет говорить о том, что последовательно возникающие трещины избегают направлений предыдущих трещин, а следуют, как правило, по новым тектоническим направлениям.
7. Однако строение кальцитовых и кварцевых жил и жил говорит о том, что строение жил нередко усложняется, и они приобретают порою многослойное строение вследствие повторения процессов растяжения одного и того же направления.
8. При повторении процессов сжатия и растяжения одного направления могут возникнуть повторные трещины, параллельные одной из предыдущих систем, трещины, которые были ранее созданы при тангенциальном напряжении того же направления.
9. Определение взаимоотношений трещин между собой позволит конкретно наметить историю последовательности формирования трещинной тектоники.

Только что приведенные выводы, относящиеся к трещиноватости в песчаных известняках, касаются в общем частного случая в тектонике Кавказа. Тем не менее приведенные данные привлекают к себе особое внимание и бесспорно заслуживают тщательного изучения. Однако в части объяснения природы описанной выше трещиноватости с современных позиций наших знаний имеются определенные трудности. Так, Г. Д. Ажгирей после критического разбора гипотезы деформации горных пород по Г. Ф. Беккеру предлагает совершенно отказаться от применения математического аппарата гипотезы Беккера для анализа деформаций горных

пород, так как этот анализ, как он утверждает, с таким же успехом можно осуществлять, основываясь на направлении о трех главных осях деформации [1]. На этом основании Г. В. Ажгирей допускает, что при тектонических движениях в «разнообразных условиях возможно одновременное формирование в одних и тех же породах от двух до шести и более систем трещин скалывания» [1]. Впрочем, подобные утверждения высказывались ранее А. А. Белицким [2], М. Б. и Н. И. Бородаевскими [6], отчасти А. В. Пэкком [8] и другими.

А. В. Пэк в своих объяснениях трещинной тектоники пользуется эллипсоидом деформации [8], который, как следует из его последней работы [9], оказывается, мало чем отличается от шара, т. е. угол  $2V$  между скалывающими плоскостями будет мал и долженствующие возникнуть две скалывающие плоскости сольются в одну плоскость ВС, перпендикулярную к А — направлению деформации. Этот очень важный и обоснованный вывод, вытекающий из допущения, что эллипсоид по объему близок к шару. Однако, касаясь вопроса трещиноватости, А. В. Пэк предупреждает, что «само по себе наличие смещений — одних трещин другими без достаточных веских доказательств не дает основания говорить о их разновозрастности, но вместе с тем не следует впадать в другую крайность и относить все системы трещин к одному тектоническому этапу» [8]. Этот взгляд Л. В. Пэка в известной мере поддерживается и Г. Д. Ажгиреем [1].

У автора данной работы нет серьезных оснований отказываться от применения в решении тектонических вопросов эллипсоида деформации. При этом следует помнить, что земная кора и ее тектонические постройки находятся в постоянном движении и развитии. Здесь автор имеет в виду восходящие и нисходящие движения, которые приводят оси складок то к погружению, то к воздыманию их. Поэтому трещины, параллельные ВС эллипсоида при одном положении оси складок, будут пересекаться трещинами, параллельными ВС при ином положении оси складки. Далее, не следует механически применять эллипсоид деформации из «сопротивления материалов» к объяснению природных явлений. Эксперимент в лаборатории со сжатием цилиндров и призм длится минутами, природные эксперименты длятся, как правило, «сотни тысяч и миллионов» лет, а поэтому преимущественно будут развиваться трещины, параллельные АВ, АС и ВС, но в отдельных случаях не исключено образование «диагональных трещин».

Из фактического материала изложенного выше самым важным моментом является то, что трещины каждой системы отстоят друг от друга примерно на равных расстояниях, или иначе эти трещины, выполненные кальцитом, отстоят друг от друга на расстоянии, кратном некоторому периоду повторяемости. Второй вывод — тот, что одна система трещин по отношению к другой наклонена в ту или другую сторону на некоторый постоянный угол. Надо полагать, что изучаемые трещины своим происхождением обязаны напряжениям, возникающим при пликативных дислокациях. Эти напряжения, действующие длительно в одном направлении, обуславливают появление продольно-гармонических колебаний. Еще В. В. Голицын полагал, что сопряжения, происходящие в очагах землетрясений, служат источником продольных и поперечных упругих волн колоссальной мощности [8]. Согласно современным данным, наша Земля представляет собой тело, непрерывно испытывающее колебания вследствие огромного числа (многие сотни тысяч) землетрясений различной мощности [5]. Отсюда, согласно гармоническим продольным и поперечным колебаниям, частицы, составляющие горные породы, будут испытывать при продольно-гармонических колебаниях в массе сжатия и растяжения (рис. 13, а). В местах сжатия будет иметь место уплотнение породы и распределения вещества вдоль плоскости сжатия поперечными

колебаниями, а сменяющее его явление растяжения приводит к разрыву и образованию места заложения трещин. М. М. Филоненко-Бородач в «Теории упругости» [10] на основании анализа уравнения Ламе применительно к продольным и поперечным колебаниям в неограниченно упругой среде приходит к выводу, что продольно-гармонические колебания обуславливают появление участков сжатия (узлов), которые чередуются с участками растяжения (пучности), причем расстояние между узлами или между пучностями равно длине волны  $\lambda$  (рис. 13, а и 13, б). Сказанное можно подтвердить нашими экспериментами по распределению материи в условиях стоячих волн. Эксперименты проводились по методу Кундта в трубках. Вместо плаунового семени брались тонко измельченные порош-

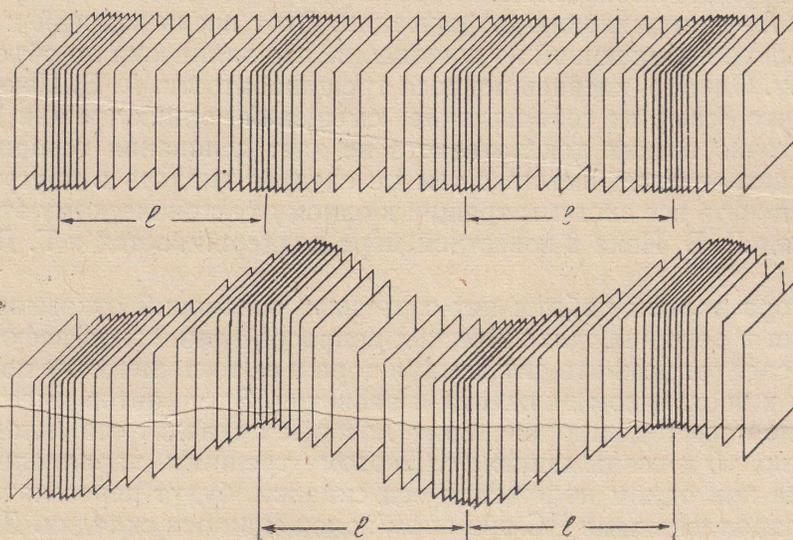


Рис. 13

Рис. 13. Схема продольно-гармонических колебаний:  
*а* — узлы сжатия и пучности растяжения при продольно-гармонических колебаниях; *б* — узлы сжатия и пучности растяжения при продольно- и поперечно гармонических колебаниях.

ки магнетита, апатита, ортоклаза, слюды актинолита, игольчатого аргонита. Данные опыта показали, что наибольшее сжатие имело место в узлах стоячей волны; в этих узлах одновременно наметилось четкое движение частиц в стороны от оси волны в плоскости узла.

После спада (снятия) напряжения в местах сжатия на смену приходило растяжение с возникновением не только тектонически ослабленных мест, но и появлением трещин, стенки которых расходились с образованием полости. Подобные трещины разрыва по А. Г. Бетехтину создаются «мгновенно» с формированием полости-трещины-пустоты с сильно пониженным давлением [4]. Это последнее обстоятельство обуславливает энергичную фильтрацию из самой породы межзерновой и гигроскопической воды, кислых углекислых солей кальция, углекислого газа и последующего отложения на стенках полости призматических кристаллов кальцита. Изучение строения ряда кальцитовых жилек показало, что эти жилки нередко оказываются параллельно полосчатыми (рис. 11), а составляющие их призматические зерна кальцита оказываются явно зонарными, параллельно граням  $\{1011\}$ , что, вероятно, тесно связано с периодическим прерывистым ростом кристаллов карбоната кальция. Подобные явления полосчато-зонального строения можно видеть на жилках кварца, арагонита, гипса, асбеста, актинолита, эпидота, граната и многих

других минералах, выполняющих трещины и другие формы полостей. Только что сказанное находится в противоречии с утверждением А. Г. Бетехтина, что трещины в описываемых случаях раскрываются медленно и прерывисто. Выполнение трещин может происходить не только путем фильтрации вещества из вмещающих жилки пород, но и в результате движения растворов в полости жилы.

Что касается наклона одной системы трещин по отношению другой, то это явление можно объяснить, исходя из геологической обстановки следующим образом. Если А, В, С являются направлениями, соответствующими главным осям эллипсоида деформации, то ось А (горизонтальная) параллельна направлению действия тангенциальной силы. Оси В и С лежат в плоскости, перпендикулярной к А. Если эллипсоид деформации по А. В. Пэку близок к шару [9], то скальвающие плоскости при очень малом угле между ними (вероятно менее  $20-10^\circ$ ) будут представлены одной трещиной, совпадающей с плоскостью ВС. В этом случае, надо полагать, трещины, параллельные ВС и АВ, более вероятны. Обычно упускается из вида важный исторического значения момент, а именно: неравномерность общих движений земной коры во времени, или, в частности, опускание или воздымание осей складок, неравномерность поднятия и опускания глыб при относительно постоянном или постоянно-прерывистом направлении действия самих тангенциальных сил. Отсюда, естественно, трещины одной системы в породах, возникшие на одном этапе, позже на следующем этапе, например, при погружении оси складки изменяют свое относительное положение, ибо ранее вновь возникшие трещины, параллельные ВС и перпендикулярные к А, теперь окажутся по отношению их прежнего положения несколько наклоненными. Вновь возникающие трещины, параллельные ВС эллипсоида, будут перпендикулярны к направлению А и будут смещать более ранние трещины и т. д. Подобная природа трещин позволяет объяснить причину того, почему последующие трещины не повторяют предыдущих направлений трещин, даже в случаях образования микротрещин.

Итак, допущение, что направление тангенциальных сил и положение эллипсоида деформации остаются постоянными, тогда как вековые колебания земной коры являются причиной неравномерных поднятий и опусканий глыб и осей складок, в нашем частном случае позволяет понять природу трещин, относительное положение одних систем трещин по отношению других и установить последовательность их формирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. А ж г и р е й. Структурная геология. Изд. М., Гос. унив. М., 1956.
2. А. А. Б е л и ц к и й. К вопросу о механизме образования кливажных трещин. Тр. Горно-геол. ин-та Зап.-Сиб. филиала, АН СССР, 1953.
3. А. А. Б е л и ц к и й. Кливаж Прокопьевского и Киселевского каменноугольных районов Кузбасса и его роль в изучении тектоники этих районов. Тр. Горно-геол. ин-та Зап.-Сиб. филиала АН СССР, 1954.
4. А. Г. Б е т е х т и н. О причинах движения гидротермальных растворов. Сб. Основные проблемы в учении о магмотогенных рудных месторождениях. Изд. АН СССР, М., 1955.
5. В. Ф. Б о ч к о в с к и й. Землетрясения и методы изучения. Изд. АН СССР, М., 1949.
6. В. Ф. Б о ч к о в с к и й. Внутреннее строение земли. Изд. АН СССР, М., 1953.
7. М. Б. Б о р о д а е в с к а я, Н. И. Б о р о д а е в с к и й. Березовское рудное поле. Металлургиздат, 1947.
8. Б. Б. Г о л и ц и н. Лекции по сейсмологии. СПб, 1912.
9. А. В. П э к. Трещинная тектоника и структурный анализ. Изд. АН СССР, М., 1939.
10. А. П. П э к. Некоторые элементы структурной геологии. Сб. Структуры рудных полей и месторождений. ГИТ, изд. М., 1960.
11. М. М. Ф и л о н е н к о-Б о р о д а ч. Теория упругости. М., 1947.