



# Планетарная трещиноватость

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА  
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени А. А. ЖДАНОВА

# ПЛАНЕТАРНАЯ ТРЕЩИНОВАТОСТЬ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА 1973

*Печатается по постановлению  
Редакционно-издательского совета  
Ленинградского университета*

Сборник посвящен вопросам теоретических основ планетарной трещиноватости и линеаментов. В ряде статей рассматриваются некоторые закономерности планетарной трещиноватости отдельных районов СССР, показывается связь планетарных трещин с тектоническими структурами, рельефом и полезными ископаемыми.

Сборник представляет интерес для специалистов и студентов геоморфологов, географов и геологов.

Отв. редактор проф. С. С. Шульца.

2-9-2  
174-72

### Планетарная трещиноватость

Редактор Т. И. Петровская

Обложка художника Г. Н. Смердова

Техн. редактор Е. Г. Учаева    Корректоры В. К. Измайлович, Э. А. Горелик

М-07209.    Сдано в набор 14 XII 1972 г.    Подписано к печати 30 III 1973 г.  
Формат бум. 60×90<sup>1/16</sup>.    Бумага тип. № 3.    Уч.-изд. л. 11,94.    Печ. л. 11.  
Бум. л. 5,5.    Тираж 1025 экз. + 10 отд. отт.    Заказ 539.    Цена 1 р. 19 к.  
Издательство ЛГУ имени А. А. Жданова

Типография ЛГУ 199164, Ленинград, Университетская наб., 7/9.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Интерес к всестороннему изучению планетарной трещиноватости появился только в самые последние годы. Если раньше и говорилось о направлениях планетарного значения, то это относилось к крупным и крупнейшим разломам и линиям. Уточнение их простираций не могло быть сделано ввиду отсутствия тех количественных данных замеров, которые позволили бы приложить к изучению планетарной трещиноватости статистические методы исследования. Выводы об определенных связях и закономерностях, приводимые в сборнике, опираются в основном на статистическую обработку мелкой «общей» трещиноватости, повсеместно развитой в горных породах как горизонтальных залегающих, так и дислоцированных.

Общая трещиноватость уже используется практически, но большей частью она рассматривалась и до сих пор рассматривается как тектоническая трещиноватость. Это не позволяло объединить в едином плане трещины разного масштаба, выявить их основные особенности и наметить дальнейшие пути исследований. Общие географические и геологические закономерности строения Земли, кинематика процессов деформаций горных пород и формирования структур всех порядков, вопросы сейсмологии и вулканизма и целый ряд еще не выявленных связей требуют дальнейшей углубленной разработки теоретических основ учения о планетарной трещиноватости. Без этого не может развиваться и методика приложения анализа планетарной трещиноватости к производственным заданиям и в первую очередь к поискам полезных ископаемых.

Сборник состоит из статей разных авторов, представления которых о проблеме не всегда идентичны.

Открывается сборник статьей С. С. Шульца, в которой даются определения морфологии, генезиса и ориентировки планетарной трещиноватости, ее связей с тектонической структурой и рельефом (линеаменты). В заключительной части статьи говорится о значении анализа планетарной трещиноватости при решении больших теоретических проблем развития Земли.

Г. Н. Каттерфельд и Г. В. Чарушин сравнивают ориентировку крупных разломов Земли и линейных структур («каналов») Марса, характеризующихся в обоих случаях теми же четырьмя основными направлениями. Авторы статьи, анализируя фотографии Марса, приходят к заключению, что «каналы» Марса представлены рифтами, грабенами и цепочками кратеров.

В статье В. П. Мирошниченко на примере Копетдага рассматривается значение планетарной трещиноватости в формировании региональных черт тектонического строения и основных форм рельефа этой горной страны. Предлагается понятие о планетарных отдельностях как дополняющее концепцию о планетарной трещиноватости.

В статье Т. В. Николаевой говорится об общих закономерностях в простираниях планетарной трещиноватости в близких по составу и возрасту магматических и осадочных породах Балтийского и Украинского щитов.

А. Ф. Грачев приводит материалы по трещиноватости базальтов Чарского и Тункинского рифтов; указывает на соответствие простираний трещин и линеаментов, анализ которых позволяет рассматривать закономерности планетарных очертаний Байкальской рифтовой зоны.

Важному вопросу исследований линеаментов и их соотношениям с планетарной трещиноватостью в разных районах Северо-Запада Русской платформы посвящены статьи Б. Н. Можяева, А. А. Рукояткина, Р. А. Борисовой и Г. А. Путинцевой.

В статье Е. Н. Азбукиной для тех же районов рассматриваются склоновые процессы и соотношения простирания склонов с основными направлениями планетарной трещиноватости. В статье Н. П. Федорова говорится о связи с планетарными трещинами вытянутости эрозионных ниш.

О направлениях планетарных трещин в Западной Монголии и о связи с ними форм рельефа пишет в своей статье Т. В. Николаева и В. Ф. Шувалов. Те же вопросы для девонских, пермских и четвертичных отложений рассматриваются в статье Р. И. Баевой.

З. А. Сваричевская и Е. И. Корнутова сопоставляют количество трещин того или иного направления, замеренных на разнориентированных стенках железнодорожной выемки.

Далее идут статьи, посвященные замерам трещин в районе Саблинской учебно-научной базы ЛГУ (Г. Д. Селивановым в 1939—1940 гг., Е. Н. Азбукиной и Н. П. Федоровым в 1966—1968 гг.).

В статьях Э. Н. Варфоломеевой и М. И. Попова затрагиваются вопросы прикладного характера, связанные с разработкой горючих сланцев и с закономерностями расположения кимберлитовых тел.

Сборник написан лицами, так или иначе связанными с работами Лаборатории планетарной трещиноватости. Научный сотрудник лаборатории Т. В. Николаева подготовила его к печати.

Методическим вопросам сбора и обработки материалов по планетарной трещиноватости и линеаментам, а также вопросам анализа их в целях поисков и прогноза месторождений полезных ископаемых, в первую очередь нефте- и газоносных структурных форм и рудных, коренных и россыпных месторождений, будет посвящено методическое руководство, подготавливаемое к печати Лабораторией планетарной трещиноватости ЛГУ.

*Проф. С. С. Шульц*

С. С. ШУЛЬЦ

## ПЛАНЕТАРНАЯ ТРЕЩИНОВАТОСТЬ (основные положения)

Трещины, наблюдающиеся в горных породах, изучаются многими учеными и классифицируются по разным признакам и с различными целями. Говоря о планетарной трещиноватости, мы имеем в виду трещиноватость, обладающую определенными морфологическими и генетическими признаками. Но главной особенностью, позволившей выделить рассматриваемую трещиноватость как планетарную, является ее закономерная ориентировка в пространстве, связанная не с местными причинами, а с общими, планетарными явлениями. Планетарные трещины имеют повсеместное распространение. Они наблюдаются и в осадочных, и в изверженных, и в метаморфических породах и развиты как в складчатых областях, так и в областях горизонтального залегания горных пород. Они прослеживаются не только на суше, но и на дне морей и океанов. Величина трещин самая различная. Длина их колеблется от нескольких метров до тысяч километров. Глубина проникновения — от сантиметров до десятков километров. К планетарным относятся и трещины, секущие отдельные слои или прослои осадочных горных пород, и крупнейшие швы, пересекающие всю земную кору. Между теми и другими существует ряд последовательных переходов.

### Морфология

Наиболее доступны для непосредственного изучения мелкие трещины, которые наблюдаются в естественных поверхностных выходах горных пород и в искусственных выработках. Большое количество эмпирических данных позволяет приложить к исследованию мелких трещин статистические методы обработки и делает полученные выводы наиболее объективными.

Особенно проста и характерна планетарная трещиноватость, наблюдаемая в горизонтально залегающих осадочных отложе-

ниях платформенного чехла. Отдельно взятые планетарные трещины не имеют здесь каких-либо специфических особенностей. Но общий характер планетарной трещиноватости обладает своими морфологическими чертами.

Обычно выделяются две (или более) системы прямолинейных вертикальных трещин.<sup>1</sup> Каждая пара сопряженных систем трещин пересекается в плане под углом, близким к прямому. В разрезе трещины не пересекаются друг с другом, так как они секут пласты или пачки пластов горных пород перпендикулярно поверхностям их напластования. Большая часть трещин не переходит из одного пласта в другой, а слепо кончается в кровле и в почве каждого слоя. В подстилающих и перекрывающих

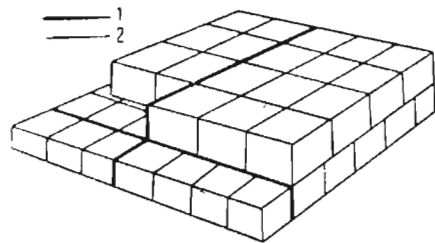


Рис. 1. Схема горизонтально залегающих пластов, разбитых на блоки двумя системами вертикальных планетарных трещин.

1 — трещины «первого порядка»; 2 — трещины «второго порядка».

пласта видны системы трещин таких же простираний. Но они не продолжают трещин соседнего пласта, а расположены отступя от них. В целом в разрезе это напоминает кирпичную кладку (рис. 1). Но «кирпичи» здесь не одинаковых размеров, так как толщина их отвечает мощности пласта («плиты»), а длина является функцией мощности и вещественного состава слоя.

Влияние мощности слоя на частоту трещин рассматриваемого типа совершенно определенное: чем менее мощен слой, тем чаще трещины. Однако конкретные соотношения между мощностями пластов и расстояниями между трещинами, приводимые разными исследователями для пород различных по составу, возрасту и району развития, не одинаковы. Так А. А. Богданов (1947) для флиша среднего карбона на Южном Урале указывает, что пласты в 0,6—0,8 м мощности рассечены трещинами, расположенными через 0,35—0,50 м, пласты мощностью 0,3—0,5 м разбиты сеткой трещин с промежутками в 0,15—0,30 м. Более мелкие прослои рассечены еще более частой сетью трещин.

И. В. Кириллова (1949) в пластах песчаника палеогена в районе Сочи отмечает такие зависимости между мощностями слоев и средними расстояниями между трещинами (м):

Мощность слоя . . .	0,03	0,05	0,1	0,25	0,3	0,4
Расстояние между трещинами . . .	0,04—0,1	0,05—0,2	0,1—0,3	0,2—0,4	0,4—0,8	0,4—0,6

<sup>1</sup> Под системами понимается естественная группировка трещин с близкими азимутами простирания.

А. С. Новикова (1951) для известняков карбона северной части Русской платформы и Подмосквья приводит следующие зависимости (м):<sup>2</sup>

Мощность слоя	0,15	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	2,0
Расстояние между трещинами по А. С. Новиковой . . .	0,2	0,3	0,45	0,6	0,95	1,3	1,4	1,5	1,6	2,3
По формуле М. В. Раца . . .	0,3	0,6	0,75	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,9

М. В. Рац (1962) считает, что расстояния между трещинами (а) и мощности пластов (М) находятся в параболической зависимости:  $a = \nu M^k$ , где  $\nu$  и  $k$  — коэффициенты. Так, для известняков Русской платформы  $a = 1,62 M^{0,84}$ . Результаты построений Раца не совпадают с эмпирическими данными Новиковой. Повидимому, вопрос этот требует дополнительных исследований, так как расстояния между трещинами разных систем могут не соответствовать друг другу.

Н. С. Шатский (1964) указывает, что количество трещин от более древних пород к более молодым в общем убывает. Мы не наблюдали подобной общей закономерности. Иногда лишь верхние горизонты в карьерах (ближе к дневной поверхности) оказываются разбитыми более густой сетью разноориентированных трещин, не всегда находящихся своих аналогов в нижележащих горизонтах. Каких-либо специфических особенностей в характере трещиноватости и в морфологии трещин в зависимости от возраста пород, ими рассекаемых, нами не наблюдалось. Не только в палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложениях чехла Русской плиты, но и в горизонтально залегающих протерозойских осадочных породах Балтийского и Украинского щитов основные черты рассматриваемой нами трещиноватости сохраняются.

Что касается состава пород, то в литературе имеются различимые данные: В. В. Белоусов (1962) пишет, что в менее прочных породах трещины располагаются чаще, чем в более прочных; Шатский считает, что в плотных породах трещин больше. В плотных осадочных породах, особенно в известняках, доломитах и песчаниках, трещины образуют правильные ряды и вообще лучше выражены. Мы наблюдали это в ордовикских, девонских и каменноугольных известняках и доломитах, а также в палеозойских и протерозойских песчаниках Русской плиты, Балтийского и Украинского щитов.

<sup>2</sup> А. С. Новикова (1951) приводит интересный график, на котором видно, что расстояние между трещинами, изменяющееся в каждом пласте в определенных пределах, находится в прямой зависимости от мощности пласта (приводимые данные составлены по графику Новиковой).

Вещественный состав горных пород сказывается на особенностях строения поверхностей стенок трещин. Обычно они гладкие у глинистых пород, сглаженные у карбонатных (известняков, доломитов) и некоторых изверженных пород, более грубые и шероховатые у песчаников, гравелитов и конгломератов и т. д.

Вещественный состав пород в некоторых случаях определяет и формы трещин. Так в опоках Поволжья нами наблюдались изогнутые трещины, круто падающие навстречу друг другу, сходящиеся в нижних частях слоев. Несмотря на разные азимуты и углы падения, они сохраняют выдержанное простирание. Но в некоторых случаях трещиноватость, вернее характер отдельности в осадочных и в изверженных породах, несмотря на генетическую близость к рассматриваемым формам, не представляет интереса для нашей темы. Так, например, в мергелистых слоях моласс Средней Азии можно видеть округло-скорлуповатую отдельность. Она не обладает плоскими закономерно ориентированными поверхностями и не может рассматриваться как планетарная трещиноватость. То же можно сказать о шаровой отдельности и всяких других трещинах изогнутой формы, не отвечающих нашему определению планетарной трещиноватости, которая представляет собой закономерно ориентированные «первично вертикальные системы прямолинейных трещин, перекрещивающиеся в плане и разбивающие горные породы на геометрически правильные блоки» (Шульц, 1966, стр. 36).

В обнажениях и особенно в карьерах известняков и доломитов можно видеть, что наряду с трещинами, секущими лишь один слой, или внутрислойными трещинами наблюдаются более редкие трещины, пересекающие два-три и т. д. слоя. Иногда выделяются пачки слоев со свойственными им трещинами. Наконец, иногда можно видеть резко отличающиеся от более мелких крупные трещины, большей частью секущие весь обнажающийся разрез и уходящие за его пределы. Такие трещины геологи-нефтяники называют трещинами первого порядка (Смехов, 1961). Трещинами второго порядка называют трещины, пересекающие отдельные слои или пачки слоев.

Иногда четкие системы трещин в обнажениях и карьерах сразу бросаются в глаза, и трещины каждой из систем характеризуются одинаковыми или очень близкими простираниями. В таком случае непосредственно видно, что трещины первого и второго порядка образуют те же системы параллельные друг другу (см. рис. 1). Но иногда трещины в обнажениях оказываются весьма разнообразными по простиранию. Выявить основные направления позволяет в этом случае только внимательное рассмотрение разреза. Часто лишь статистическая обработка замеров дает возможность выделить системы трещин. Однако и в этом случае трещины первого и второго порядка образуют те же системы.

Во всех исследованных экспедициями ЛГУ карьерах осадочных пород (известняков, доломитов, песчаников) вертикальные трещины перпендикулярны напластованию. Пересечение трещин, следующих напластованию (пластовых трещин), и перпендикулярных им вертикальных трещин приводит к образованию довольно правильных блоков параллелепипедальной отдельности.

Такой же характер рассматриваемая нами трещиноватость имеет не только в осадочных, но и в изверженных породах. Правда мы редко встречаем здесь такие идеально правильные параллелепипеды, как на рис. 1 или в некоторых обнажениях известняков (Шульц, 1964, рис. 1, 2), но в стенках карьеров и в естественных обнажениях интрузивных пород наблюдаются вертикальные и горизонтальные трещины, как правило, перпендикулярные друг другу. В результате породы оказываются разбитыми на блоки преимущественно параллелепипедальной формы. Так же как и в осадочных породах, здесь иногда сразу можно выделить трещины преобладающего направления первого и второго порядка. Так, например, в гранитах Норинского карьера, по данным Т. В. Николаевой, крупные трещины идут через весь карьер, глубина которого достигает 35 м. Ориентировка их соответствует направлениям, которые были получены по замерам многочисленных мелких трещин того же карьера. Четкие блоки пород, образованные пересечением горизонтальных и вертикальных трещин, наблюдаются (и описываются) не только в гранитах, но и в габбро Украинского щита, в диабазах Балтийского щита и т. п. Таким образом, и в осадочных, и в изверженных породах планетарная трещиноватость создает блоки разной величины.

Выше мы привели данные о соотношении расстояний между трещинами и мощностями пластов осадочных пород. Подобные данные характеризуют только мелкие блоки, образованные трещинами, пересекающими отдельные пласты и слепо кончающимися на поверхностях напластования. Это трещины «второго порядка». Трещины «первого порядка» образуют более крупные блоки, в которые мелкие блоки вписываются.

На днищах некоторых крупных карьеров известняков мы наблюдали, что трещины первого порядка более широкие (до 4—10 см), открытые или выполненные глиной, образуют большие четырехугольники, длина стенок которых (расстояние между трещинами) определяется метрами или десятками метров. (Рабочие в Ленинградской области называют такие пересекающиеся крупные трещины «басмовиками» и «полевиками»). Реже выделяются косые трещины, или «косяки».

Мы не имеем данных, на какую глубину проникают трещины первого порядка. В горизонтально залегающих слоях не видно кровли и подошвы толщ, их ограничивающих. В карьерах они идут через всю видимую мощность обнаженных пород. Надо

думать, что, так же как для трещин „второго порядка”, глубина проникновения более крупных трещин и расстояния между ними связаны друг с другом.

Более крупные блоки рассматриваются в этом сборнике в статье В. П. Мирошниченко. Особенностью описываемых автором трещин является то, что в ряде случаев углы между ними не прямые. Благодаря этому образованная перекрещивающимися трещинами отдельность представляет собой не прямоугольные параллелепипеды, а ромбоэдры. В связи с дислоцированностью пород пластовая поверхность ромбоэдров оказывается в той или иной мере наклоненной, а нормальные к ней грани ограничены не вертикальными трещинами. Обнаженные верхние части крупных ромбоэдров более плотных пород, выступающих на крыльях складок в виде куэст и гряд, образуют пластовые треугольники. Они хорошо дешифрируются и наглядно рисуют складчатую структуру на аэроснимках.

Благодаря прекрасной обнаженности Копетдага и использованию аэрометодов Мирошниченко удалось выделить не только мелкую ромбоидальную отдельность, но и установить несколько категорий такой отдельности, отличающихся по своей величине. (К сожалению, мощности толщ, разбиваемых трещинами разных категорий, в точности не установлены.) Длина граней более крупных ромбоэдров достигает 500—600 м. Это значит, что расстояния между трещинами, ограничивающими ромбоэдр 1-й категории, равно около 500 м ( $x = a \sin \alpha$ ). Следующие категории ограничены гранями длиной в 250—300, 125—150 и 65—75 м. Кратные цифры объясняются тем, что ромбоэдры каждой последующей категории, в количестве четырех, вписываются в ромбоэдры более высокой категории. Помимо перечисленных Мирошниченко наблюдал и более крупные параллелепипеды с длиной граней в один и даже несколько километров.

В литературе имеются указания и на еще более крупные блоки, ограниченные трещинами или зонами трещиноватости. Так Н. В. Введенская для Западной Сибири описывает блоки величиной в 37—50 км, в 75—100, в 150—200 и даже в 300—400 км. Хоббс для восточных районов Северной Америки приводит следующие цифры: расстояния между разрывами СВ простирания — 125 миль, СЗ простирания — 75 миль, между меридиональными разрывами — 40 миль. По Клоосу ширина блоков коры в Европе от 175 до 300 миль. Размеры ромбообразного блока «Филлипинского бассейна» по его диагоналям — 1500 и 2500 миль. Дальнейшее накопление сведений о величине крупнейших блоков земной коры имеет несомненный интерес. Мы вернемся еще к этому вопросу, говоря о закономерностях ориентировки планетарной трещиноватости и образуемых ею блоков.

Не менее интересен анализ мелкой отдельности, рассмотренной нами выше, развитой в пределах прослоев, отдельных

пластов или пачек пластов горных пород. Очень любопытны также данные об отдельности такыров, полигональных грунтов, льдов и т. п. Помимо густоты трещиноватости, мощностей, вещественного состава и других особенностей разбитой трещинами породы, важна и форма образующихся отдельностей. Наряду с наиболее распространенной тетрагональной (параллелепипедальной и ромбоидальной) указываются пентагональная и гексагональная отдельности.

Первичное положение блоков и ограничивающих их трещин может быть нарушено последующими дислокациями. При складчатости вместе с наклоном пластов осадочных пород получают наклон и блоки и некоторые трещины, переставая быть вертикальными, но оставаясь нормальными (перпендикулярными) к поверхностям напластования.<sup>3</sup>

Мы не располагаем сводными векторными диаграммами и массовыми замерами трещин для значительных областей, сложенных складчато-дислоцированными отложениями, а также для современных мобильных зон. Но целый ряд описаний, а также и собственные наблюдения убеждают нас в том, что и в них наряду с тектонически обусловленным квиважем и может быть собственно тектонической трещиноватостью наблюдается такая же, как и описанная выше, планетарная трещиноватость. Здесь также можно видеть нормальные к напластованию трещины, большая часть которых не переходит из одного пласта в другой. Так же как и в горизонтально залегающих отложениях густота трещин зависит от мощности слоев.

Приведенный нами выше пример густоты трещиноватости в каменноугольном флише Южного Урала характеризует толщу, падающую на запад  $\angle 60^\circ$ . В обнажении так же хорошо, как и в горизонтально залегающих толщах, выражены две взаимно перпендикулярные системы трещин. Одна из них вытянута по простиранию (это открытые трещины, шириной до 2—3 см), другая по падению (закрытые трещины) (Богданов, 1947).

Степень открытости трещины связана не с первичной ее особенностью, а с последующими тектоническими напряжениями, испытанными дислоцированными отложениями. В данном случае, как и во многих других, продольные трещины на своде и крыльях антиклинальных складок естественно испытывают растяжение. В мульдах синклиналей они сжаты (см. рис. 26).

Влияние поля тектонического напряжения на разбитую закономерно ориентированную сеть планетарных трещин толщу горных пород рассматривается мной в специальной статье (Шульц, 1971). Здесь я отмечу лишь, что не только степень их

<sup>3</sup> Угол падения продольных трещин при этом становится равен дополнительному углу к падению пласта. Поперечные трещины остаются вертикальными. Простирание продольных и поперечных трещин не меняется. Азимут падения и простирания косых трещин при складчатости требует пересчета.

открытости, но и характер поверхности трещин изменяются при тектонических дислокациях. Трещины в таком случае превращаются в разрывные нарушения с их зеркалами скольжения, со штрихами и бороздами вдоль сместителя, с брекчиями и жильными породами.

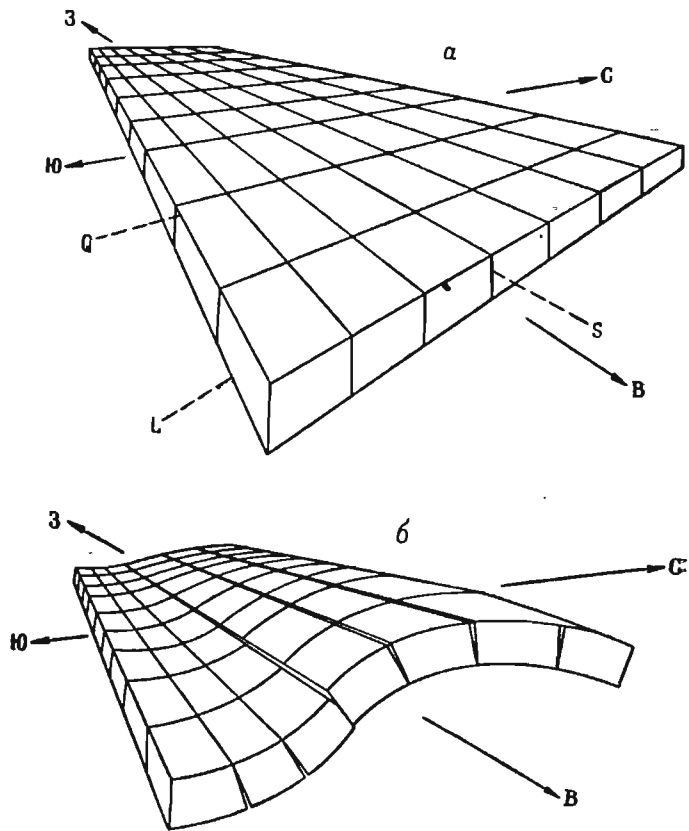


Рис. 2. Схема массива, разбитого на блоки тремя системами трещин.

*S* — широтная система вертикальных трещин; *Q* — меридиональная система вертикальных трещин; *L* — горизонтальная система трещин; *a* — массив до деформации; *б* — массив, деформированный давлением с юга.

Рассмотрению форм тектонической структуры и тектоническим движениям по сбросам, сдвигам и надвигам посвящена огромная литература. Здесь уместно будет повторить лишь, что изучаемая нами планетарная трещиноватость не является, с нашей точки зрения, следствием тектонических дислокаций, но, будучи первичной, сама влияет на характер разрядки тектонических напряжений (см. ниже).

Тектонические нарушения имеют тенденцию приурочиваться к первичной планетарной трещиноватости, отклоняясь зачастую от того теоретического положения, которое должно было бы быть вызвано приложенным напряжением. Это относится и к трещинам, развитым в изверженных породах, в том числе и к первичным трещинам интрузивных массивов. Как известно, Клоосом (Cloos, 1936) среди этих («прототектонических») трещин выделяется три основные системы — одна горизонтальная (*L*) и две вертикальные (*S* и *Q*), пересекающиеся друг с другом под прямым углом. Эти три системы разбивают массивы интрузивных пород на блоки, похожие, как мы указывали выше, на блоки, образуемые планетарной трещиноватостью в осадочных породах (см. рис. 1). Однако вертикальные трещины *S* и *Q* в интрузивах, по данным Клооса и его многочисленных последователей, характеризуются каждая своими морфологическими особенностями.

Наши наблюдения над трещиноватостью изверженных пород, выходящих на Балтийском и Украинском щитах, привели нас к выводу, что большей частью эти особенности отчетливо не выражены. Обычно пересекающие друг друга системы трещин трудно отличимы друг от друга. Если же отличия и появляются, то они, как мне кажется, большей частью могут быть связаны с последующими тектоническими движениями, а не присущи первичным трещинам как таковым (см. рис. 1).

На рис. 2а мы видим первичную сеть трещин, разбивающую на правильные параллелепипедальные блоки рассматриваемый массив. Мы предполагаем, что первоначально ни ширина, ни характер стенок перекрещивающихся вертикальных трещин не отличали их друг от друга. Именно в таком виде рисуется нам схема трещиноватости большинства наблюдавшихся нами на Русской платформе обнажений и карьеров как в осадочных породах на плите, так и в изверженных породах на щитах. Если к рассматриваемому массиву будет приложено сжимающее усилие, направленное с юга, то трещины, расположенные вдоль массива (широтные трещины на рис. 2а), станут закрытыми трещинами и приобретут морфологические особенности, характеризующие трещины *S*, которые и должны располагаться перпендикулярно к направлению действия тектонических сил (Ажгирей, 1956).

Поперечные трещины *Q*, расположенные по направлению приложенного к массиву давления, станут открытыми трещинами. Естественно, что именно вдоль них будут формироваться дайки аплитов, пегматитов, порфиринов и других жильных пород. Особенности эти, а также пологие борозды скольжения, указываемые при характеристике трещин *Q*, могут формироваться лишь как вторичные явления и идти в определенной последовательности. Сдвиги по трещинам *Q*, как правило, должны происходить после приоткрывания трещин и внедрения жил.



В дальнейшем тектоническое давление должно совершенно изменить морфологическую характеристику продольных и поперечных трещин в том же широтно вытянутом массиве. В случае изгиба его (рис. 26) часть продольных трещин (бывших трещин *S*) превратится из закрытых в открытые трещины. Вдоль части продольных трещин могут произойти разрывные нарушения, оставляя следы на стенках трещин в виде вертикальных борозд зеркал скольжения. Пологие изгибы интрузивных массивов, вызывающие выпуклость трещин *L*, и соответственный наклон остающихся перпендикулярными к ним трещин *S* (см. рис. 26) совершенно аналогичны подобным явлениям в осадочных породах (Шульц, 1971, рис. 1).

К сожалению, первичные трещины в более крутых складчатых формах структуры интрузивных пород совершенно не изучены, а иногда даже и участие остывших и затвердевших интрузивных тел в складчатости категорически отрицается. Должен заметить, что мне в разных районах Тянь-Шаня приходилось наблюдать некогда плоские горизонтальные поверхности гранитов, которые вместе с отложившимися на них морскими или континентальными осадками были тектонически изогнуты, наклонены вплоть до вертикального положения и образовывали складки различной формы (Шульц, 1961). В результате дислокаций изверженных и осадочных пород пересекающие их трещины могут менять свой первичный облик.

### Генезис и ориентировка

Рассмотрение морфологических особенностей описываемой нами первичной, общей, повсеместно распространенной, развитой во всех, в том числе и в горизонтально залегающих, горных породах трещиноватости, говорит, с нашей точки зрения, о том, что она могла образоваться только благодаря внутренним напряжениям в самом веществе породы, т. е. является эндокинетической трещиноватостью (Lasaux, 1882). Однако существуют и другие мнения. Трещины, обладающие всеми описанными выше особенностями, в том числе и трещины, развитые в слоях горных пород, залегающих горизонтально, зачастую описываются как экзокинетические-тектонические. В некоторых случаях это делается без всяких обоснований. В других указывается, что трещиноватость связана с вертикальными напряжениями и обусловлена движениями блоков фундамента.

Трудно себе представить, что мелкие нормальные к напластованию трещины, особенно внутрислойные трещины, различной густоты, зависящей от мощности слоя, отражают движение крупных, расположенных иногда на километровых глубинах блоков. Кроме того, при таком объяснении вопрос о причине образования трещин переносится из рассматриваемых слоев в фундамент. В целом вопрос генезиса трещиноватости, законо-

мерностей ее густоты, ориентировки и прочих особенностей не решается.

Иногда рассматриваемая нами трещиноватость связывается с горизонтально передающимися напряжениями, вызванными далекими складчатостями. Так, например, знакомая нам по собственным наблюдениям трещиноватость *S3* и *СВ* простирания в ордовике Эстонии была якобы заложена новокаледонской складчатостью, а меридионально-широтная трещиноватость в той же области имеет третичный возраст (Тейхарт, 1927, по Е. Н. Пермякову). Я высказывался уже против подобных представлений (Шульц, 1966).

В настоящее время многие исследователи связывают происхождение рассматриваемых трещин в осадочных породах с формированием пологих платформенных структур. Подобное объяснение мне кажется невозможным, так как такая же трещиноватость развита не только в пределах локальных складок, но и в районах совершенно горизонтально залегающих пород. Кроме того, тектонические напряжения на платформе в процессе развития подобных складок едва ли достигают величин, которые позволили бы расколоть достаточно прочные горные породы (известняки, песчаники, кварциты) на правильные блоки. Со всем другого порядка силы могут возникнуть не под влиянием внешних тектонических давлений, а в самих осадочных породах в процессе их становления, в связи с изменением их физического состояния.

По моим представлениям общая трещиноватость осадочных отложений образовалась в них при превращении осадка в горную породу, в процессе обезвоживания осадка, стяжения его, уплотнения и т. п., иными словами его литификации, а затем и диагенеза. К такому выводу привел меня анализ характера трещиноватости в горизонтально залегающих отложениях осадочного чехла Русской платформы, где все особенности рассматриваемых трещин представлены наиболее ясно и просто (Шульц, 1962; 1964; 1965; 1966; 1969).

Приведенное выше морфологическое описание общей трещиноватости целиком укладывается в подобное заключение. Оно отвечает взглядам некоторых исследователей, специально занимавшихся изучением трещин в осадочных породах Русской платформы (Иванов, 1939; Новикова, 1951 и др.). Это заключение относится и к первичной трещиноватости изверженных пород. Образование трещин в них также объясняется внутренними напряжениями в породе. И здесь это эндогенный или эндокинетический процесс, по терминологии Лазо. Он вызван в данном случае остыванием магмы, потерей летучих компонентов, кристаллизацией и т. д.

По-видимому, и образование более крупных планетарных трещин также может быть связано с эндогенными напряжениями в земной коре. Они могут охватывать толщи пород различ-

ной мощности, проникая в глубину до тех или иных горизонтальных разделов. Последние улавливаются повсеместно в виде пологих сейсмических границ (Булин, 1970). Некоторые из этих пологих разделов проходят внутри осадочного чехла платформ. Таковы, например, поверхности несогласий между разновозрастными литолого-стратиграфическими комплексами, или ярусами, осадочного чехла Русской платформы. Особое значение имеет раздел между чехлом и фундаментом. Проникающие до этих пологих структурных разделов вертикальные трещины могут пересекать отдельные ярусы или весь осадочный покров и соответственно формировать блоки разной величины.

Более глубокое расслоение земной коры может соответствовать фронтам мигматизации, гранитизации, базальтификации, как правило, связанным с явлениями глубинного метаморфизма (Борисов, 1967), т. е. опять-таки с внутренними напряжениями, вызывающими физические изменения вещества. Эти изменения обуславливают возможность образования глубоких вертикальных трещин эндогенного происхождения. Наконец еще более глубокие трещины проникают до поверхностей Конрада и Мохоровичича или уходят в мантию Земли. Они образуют наиболее крупную сеть планетарных швов — макротрещиноватость земной коры (Шатский, 1964; Пейве, 1956, и др.).

Выше мы неоднократно отмечали закономерность пространственной ориентировки рассматриваемой нами трещиноватости, закономерность, благодаря которой данная трещиноватость всех масштабов может рассматриваться как планетарная. Когда в 1960 г. впервые, в районе г. Изборска, я рассматривал правильные сравнительно крупные блоки известняков верхнего девона, ограниченные в каждом слое двумя взаимно перпендикулярными системами трещин (Шульц, 1964, рис. 1 и 2; 1969, рис. 3), мне показались невозможными существовавшие гипотезы для объяснения трещиноватости горных пород изучаемого района.

Известняки лежат здесь совершенно горизонтально. Рассматриваемые обнажения находятся во многих сотнях километров от ближайших складчатых областей, до которых никогда не распространялась известняковая толща верхнего девона. Как можно говорить о «давлениях», идущих от Уральской и Гампианской геосинклиналей? Совершенно также нельзя говорить и о движениях блоков фундамента, которые через толщу платформенного чехла (глины кембрия, известняки ордовика, песчано-глинистая толща девона — общей мощностью около 1 км) выдавливают метровые кубики в рассматриваемых слоях. При этом по вертикальным трещинам не видно никаких смещений и сами трещины, ограничивающие кубики, слепо кончаются на границах пластов, не переходя из слоя в слой. А именно так, и не только в старых работах, а в только что сданных фондовых отчетах объяснялась трещиноватость в изучаемом районе.

Объяснение происхождения трещин внутренними напряжениями в породе, образование трещин в каждом слое в связи с превращением известкового осадка в известняк, в связи с обезвоживанием, литификацией каждого слоя, в связи с уменьшением объема слоя казалось единственным удовлетворительным объяснением. И дальнейшие наблюдения неизменно подтверждали такое заключение.

Но как объяснить то, что во всех слоях, независимо от их мощности, в разных участках большого карьера и в соседних карьерах трещины ориентированы одинаково? При этом в данном случае не требовались никакие статистические обобщения. В отлично обнаженных пластах все или, вернее, почти все трещины имели простирание либо  $3280^\circ$ , либо  $С 10^\circ$ . Какие причины обусловили такую закономерность? Просто растрескиванием при литификации это явление объяснить нельзя. Каких-либо связей с местной структурой не придумаешь. Известняки лежат горизонтально и по трещинам нигде не видно никаких смещений. Трещины ориентированы не относительно той или иной структурной формы, а относительно меридиана (относительно меридиональной плоскости, проходящей через ось вращения планеты. Ориентировка их имеет не местное, не структурно-тектоническое, а планетарное происхождение. Это гипотеза, подтверждение которой я искал и в литературе (Phillips, 1836; Lötze, 1933 и др.) и, главное, в природе, была доказана в результате дальнейших исследований.

В 1965 г. была организована экспедиция ЛГУ для изучения трещиноватости в Среднем Поволжье. «Платформенная трещиноватость» (морфологически совершенно соответствующая описываемой нами) здесь лучше, чем где-либо, была изучена в результате тщательных исследований Пермякова (1949), который рассматривал трещиноватость, как тектоническую, а ориентировку ее связывал с положением в структуре. Работы экспедиции привели нас к заключению, что установленная Пермяковым связь между простиранием осей локальных складок и простиранием систем трещин действительно существует. Пользуясь терминологией Пермякова, существуют два типа трещиноватости: продольная трещиноватость, характеризующаяся продольным положением главных систем трещин по отношению к линиям простирания и падения слоев или складки в целом, и диагональная трещиноватость, преобладающая в платформенных условиях, характеризующаяся тем, что главные системы трещин идут диагонально к направлениям простирания и падения. Простирание локальных складок в этом случае оказывается параллельным диагонали параллелограмма, построенного на главных «диагональных» лучах роз-диаграмм трещиноватости данного участка.

Следует отметить, что, установив эмпирически на большом фактическом материале «правило параллелограмма», Пермя-

ков не мог определить, какая из двух осей параллелограмма окажется параллельной оси структуры. Не зная параметров структуры нельзя также определить — с «продольным» или с «диагональным» типами трещиноватости мы имеем дело.

В районе Саратова, как и во всем Поволжье, во всех отложениях отчетливо выделяются две системы планетарных трещин — одна северо-восточного, другая северо-западного простирания. Однако развитые здесь локальные складки вытянуты в разных направлениях, что, как известно, характерно для «прерывистых» складок (Белоусов, 1962). Существующая между простиранием трещиноватости и простиранием осей складок связь характеризуется здесь не изменением ориентировки трещин, связанной со складчатостью, а тем, что складки по-разному ориентированы относительно сети трещин.

Мы проанализировали три хорошо изученные нефтяниками антиклинали в районе Саратова (Баева, 1968). Одна из складок (Тепловское поднятие) имеет северо-западное простирание. Главные лучи розы-трещиноватости имеют здесь продольное положение относительно простирания оси и падения крыльев этой складки. Трещиноватость, по представлениям Пермякова, должна здесь рассматриваться как «продольная». В двух других складках главные лучи роз-трещиноватости идут диагонально к направлениям простирания. Трещиноватость здесь принадлежит «диагональному типу» Пермякова. Согласно правилу параллелограмма, эти складки имеют широтное (Соколовогорское поднятие) и меридиональное (Жирновское поднятие) простирание. Разные простирания этих складок объясняются тем, что оси складок оказываются параллельными разным диагоналям параллелограмма. Три складки — три разных простирания. А простирание систем трещин, хотя и не тождественное, но во всех случаях северо-восточное и северо-западное.

Мы считаем, что в рассмотренном примере (как и во многих других) не трещины, как это думал Пермяков, образовались в результате изгиба слоев при складчатости, а складки так или иначе приспособились к первичной сети планетарной трещиноватости (Баева, 1968; Шульц, 1971). Таким образом, мы и здесь приходим к выводу, что изучаемая нами трещиноватость своими простираниями обязана не местным тектоническим причинам, а более общим явлениям.

В целом диагональная (не относительно осей локальных складок, а относительно меридиана) сеть трещин в Поволжье имеет не совсем одинаковые простирания. В разных участках ориентировка трещин немного изменяется. Может быть какую-то роль здесь играют и конседиментационная складчатость и последующие дислокации? Может быть возраст пород? По нашим наблюдениям в Среднем Поволжье две системы трещин, оставаясь почти строго перпендикулярными друг другу, от более древних пород к более молодым поворачивают по часовой

стрелке. В верхнекаменноугольных породах среднее простирание трещин по 3075 замерам СВ  $37^\circ$  и СЗ  $312^\circ$ , в верхнемеловых по 1640 замерам — СВ  $68^\circ$  и СЗ  $340^\circ$  (Шульц, 1969, табл. 1). Но если суммировать все замеры трещин, произведенные экспедицией ЛГУ в Среднем Поволжье в каменноугольных, меловых, палеогеновых и четвертичных отложениях, мы получаем векторную диаграмму (по 5840 замерам) с простиранием СВ  $42^\circ$  и СЗ  $315^\circ$ . Простирания эти оказываются весьма знаменательными.

В следующем году, производя изучение трещиноватости в северо-западной части Русской платформы, сложенной совершенно другими коренными породами (кембрий, ордовик, девон), экспедиция ЛГУ не получила подтверждения своему заключению о повороте по часовой стрелке векторов трещиноватости в более молодых породах. Но сводная роза всех замеров трещин дала почти тождественные векторы, что и в Поволжье. Здесь по 23 161 замеру мы получили два луча — СВ  $43^\circ$  и СЗ  $315^\circ$ .

Пермьяков (1949) на обложке своей книги изобразил две розы-диаграммы, вписанные друг в друга. Одна по данным 1945 г. (6133 замера), другая сводная, составленная в 1948 г. по 19 607 замерам. «Несмотря на добавление, свыше 13 000 замеров, по восьми новым районам, обе диаграммы вполне отвечают друг другу», — пишет Пермьяков (1949, стр. 33). Автор не указывает, что диагональные лучи обеих роз имеют простирания СВ  $45^\circ$  и СЗ  $318^\circ$  и не делает из рисунка на обложке книги никаких выводов.

А между тем в настоящее время можно привести такие же простирания диагональной сети трещин, замеренные разными исследователями в разных и по местоположению, и по составу и возрасту слагающих их пород районах СССР. Так, по данным Г. Н. Каттерфельда и Г. В. Чарушина (1970) в пермских отложениях Волго-Камского края, по 4953 замерам, диагональные системы трещин простираются на СВ  $45^\circ$  и СЗ  $315^\circ$ . Те же исследователи приводят следующие цифры: для Иркутского амфитеатра, где по 20 000 замерам, сделанным в породах кембрия, ордовика, пермо-триаса и юры, выделяются простирания — СВ  $44^\circ$  и СЗ  $314^\circ$ ; по осадочному чехлу Русской платформы (59 100 замеров) — СВ  $45^\circ$  и СЗ  $325^\circ$ ; Сибирской платформы (4174 замера) — СВ  $44^\circ$  и СЗ  $314^\circ$ ; наконец, сводная роза по Русской и Сибирской платформам, по южной части Западно-Сибирской низменности и северной части Казахстана (69 741 замеров) дает диагональные лучи СВ  $45^\circ$  и СЗ  $315^\circ$ . А. Ф. Грачев и И. П. Федоров, по данным 40 000 замеров, для северо-восточной части Сибирской платформы рисуют два вектора — СВ  $44^\circ$  и СЗ  $320^\circ$ .

Помимо полученных двух направлений, в ряде случаев сводные розы-диаграммы трещин рисуют еще два направления, близкие меридиональному и широтному. Они видны, например,

ля упоминавшейся розе-диаграмме на обложке книги Пермякова (1949), на большинстве роз, приводимых Г. Н. Каттерфельдом и Г. В. Чарушиным (1970), и т. д.

Можно было бы привести еще ряд цифр. Но и указанных, я думаю, достаточно, чтобы увидеть определенную закономерность, которая получается из чисто эмпирических данных, из статистической обработки большого числа (тысячи) замеров для достаточно обширных площадей. Чем объяснить такую закономерность? Ряд исследователей прямо или косвенно связывает направленность систем планетарных трещин с изменчивостью угловой скорости вращения Земли вокруг своей оси, вызывающей изменения формы геоида. А. В. Долицкий и И. А. Кийко (1963) указывают, что направления главных нормальных напряжений совпадают при этом с параллелями и меридианами, а направления главных касательных напряжений расположены под углом  $45^\circ$  к ним.

О том же пишут Каттерфельд и Чарушин (1970), указывая, что возникающие в литосфере планеты при ее ротационно-обусловленной полярной деформации усилия ориентированы строго определенным образом, подчиняясь закону четырех экстремальных азимутов: диагональная система скальвающих усилий простирается на СВ  $45^\circ$  и СЗ  $315^\circ$ , ортогональная система растягивающих и сжимающих усилий — меридионально и широтно. Эти данные, совпадая с эмпирическими данными простираций главных лучей систем трещин, говорят о связи ориентировки этих систем с рассматриваемыми планетарными причинами. Однако едва ли можно согласиться с названными исследователями, что «эти ротационно-обусловленные усилия и связанные с ними напряжения формируют две генетические системы линейных структур: Д — систему трещин скальвания и О — систему трещин отрыва и складок сжатия» (Каттерфельд, Чарушин, 1970, стр. 4).

Описанные выше морфологические особенности изучаемой нами трещиноватости (см. рис. 1) совершенно определенно не позволяют считать, что трещины разных направлений имеют разный генезис. В частности, мы не можем рассматривать «Д-систему» как трещины скальвания. Последние проявляются в платформенных условиях редко и сразу могут быть опознаны (Шульц, 1969, рис. 5).

Планетарные напряжения, вызываемые изменением скорости вращения Земли, а также перемещением полюсов и твердыми приливами в земной коре, как указывает В. В. Белоусов (1962), были проанализированы Гутенбергом. Расчеты показали, что эти напряжения очень малы. Однако они могут проявлять себя в качестве «спускового механизма» в тех случаях, когда напряжения иного происхождения уже близки к критической своей величине. Именно так мы рассматриваем роль планетарных напряжений, вызывающих не образование, а лишь

ориентировку трещин относительно меридиана, а следовательно, и относительно оси вращения планеты.

Образуюсь в результате гораздо более сильных напряжений, возникающих внутри формирующейся осадочной или изверженной породы, рассматриваемые системы трещин приобретают тот или иной азимут простираения благодаря незначительным, но закономерно направленным планетарным причинам. При этом эндогенные трещины отрыва во всех случаях сохраняют свои морфологические черты.

Не только мелкая сеть планетарных трещин, но и крупнейшие трещины и разломы земной коры имеют те же закономерно ориентированные простираения. Именно крупнейшие трещины и связанные с ними формы структуры и рельефа вызвали стремление ученых объяснить закономерности их пространственного положения. Рассмотрение простираций этих форм и сопоставление их с «большими кругами сравнения» привели Эли де Бомона (Elie de Beaumont, 1830) к выводу о том, что каждое направление характеризует тот или иной возраст дислокации, а в целом рассматриваемые направления рисуют пентагональную сеть разломов, характеризующую структуру Земли. Как пересекающиеся системы прямых линий деформации Земли описывались Бухом (Buch, 1867) и рядом его последователей.

А. П. Карпинский (1883), работы которого имеют большое значение для рассматриваемой нами темы, пишет, что Барбот де Марни и другие геологи, производившие исследования области распространения кристаллических пород в Южной России, еще в прошлом веке пришли к выводу, что породы эти обладают правильной трещиноватостью, обнаруживающей два главных направления простираения: СЗ—ЮВ и СВ—ЮЗ.

По схеме глубинных разломов, нарисованных в наши дни для Украинского шнта по геолого-геофизическим данным К. Ф. Тяпкиным и др. (1966), устанавливаются взаимно перпендикулярные разломы СВ и СЗ простираения и менее четко меридионального и широтного направления (рис. 3). Схема крупной трещиноватости, отражающей эти четыре направления, была изображена для Южной Норвегии Черульфом (Шульц, 1969, рис. 7) и позднее Хоббсом (Белоусов, 1962, рис. 206).

В настоящее время наличие ортогональной и диагональной сети трещин устанавливается для обширных регионов (Шатский, 1964) и даже для целых материков (Штилле, 1964; Хиллс, 1967) (рис. 4).

Таким образом, давно намеченные нашими предшественниками направления полностью подтвердились эмпирическими данными и теоретическими построениями. Поэтому независимо от величины рассматриваемых трещин, начиная с глубинных разломов и кончая самыми мелкими внутрислойными трещинами, мы можем ориентировку их рассматривать как планетарное

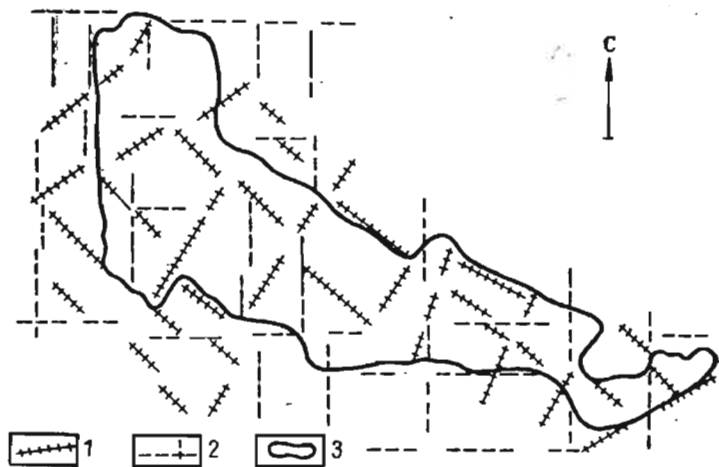


Рис. 3. Схема глубинных разломов Украинского щита по геолого-геофизическим данным (Тяпкин и др., 1966).

1 — разломы диагональные; 2 — разломы ортогональные; 3 — границы щита.



Рис. 4. Сравнение мегалинеаментов Австралии с сетчатой системой сдвигов В. Мейнесца (Хиллс, 1967).

1 — сетка сдвигов; 2 — главные направления; 3 — промежуточные направления.

явление, а сами трещины называть планетарными. Однако не всегда и не всюду рассматриваемые системы трещин подчинены основным указанным планетарным направлениям. Так, например, систематические трещины (вернее линеаменты) в провинции Альберта (Канада) образуют, как обычно, четыре системы, объединенные в две группы по две системы взаимно перпендикулярные друг другу. Но простирание этих систем трещин, судя по работе Бланше (Blanchet, 1957), не обычные, а ЗСЗ, ССЗ, ССВ и ВСВ. Таким образом существуют, по-видимому, региональные аномалии простираний планетарной трещиноватости. Кроме того, все, что мы наблюдаем в обнажениях и карьерах, говорит о том, что, помимо ортогональной и диагональной сети рассматриваемых нами трещин, существуют трещины других направлений. Все эти трещины морфологически ничем не отличаются друг от друга.

Мы допускаем, что на ориентировку первичных трещин в период становления горных пород, помимо обусловленных изменениями ротационного режима, могут воздействовать и иные факторы. К ним относятся такие явления, как приливы в твердой земной коре, явления усталости при их ритмической повторяемости, а также некоторые региональные и даже местные особенности геологического строения. В настоящее время мы не имеем достаточных данных для того, чтобы судить, какие именно причины вызывают региональные и местные изменения простираний трещин или появление новых направлений. Эти явления могут быть первичными и последующими.

В осадочных породах при их литификации, помимо повсеместно действующих планетарных напряжений, какую-то роль может играть конседиментационная складчатость. Правда, в основном и она подчинена сети планетарной трещиноватости, но в процессе развития структуры может оказывать на нее местное воздействие. В пользу такого заключения из наших наблюдений мы можем привести небольшие изменения простираний векторов диагональных трещин на северном крыле Жигулевской антиклинали. Они связаны, по-видимому, с очень пологим изгибом оси этой крупной структуры и с наличием осложняющих ее локальных складок (Баева, 1967). Некоторые изменения той же диагональной сети планетарной трещиноватости вызывают и описанные выше дислокации района Саратова. Тектоническому фактору в какой-то мере обязано распределение максимумов трещиноватости по площади.

Е. М. Смехов (1961) указывает также, что трещиноватость своими простираниями как бы обтекает отдельные локальные поднятия. Подобные местные изменения (аномалии) простираний планетарной трещиноватости могут быть использованы при поисках локальных структур. Именно в целях поисков локальных структурных форм и стратиграфических аномалий и за рубежом и в СССР анализируется ориентировка и густота лине-

аментов, отражающих на земной поверхности планетарную трещиноватость (Blanchet, 1957; Гольбрайх и др., 1968; Полканова, 1963; Философов, Мельников, 1963 и др.).

В изверженных породах местные изменения ориентировки первичной трещиноватости описываются для эндоконтактов некоторых интрузивных тел. Это объясняется воздействием на застывающую интрузию холодной «рамы». И линейная ориентировка минералов и «прототектонические» трещины меняют здесь свои направления. Изучение линейной ориентировки кристаллов с рассматриваемых нами позиций требует еще специальных исследований. Но поскольку простирания первичной трещиноватости в случае наличия линейной ориентировки сопряжены с ней, я считаю возможным высказать предположение о том, что линейная ориентировка или один из типов линейной ориентировки, формирующийся в процессе застывания магматического вещества, также как и приуроченные к нему первичные трещины, связан своими простираниями с планетарными напряжениями.

Влияние «рамы» на ориентировку отдельности в эффузивных породах я видел на правом склоне долины р. Куры южнее Крестового перевала. Прорезающая склон древняя долина притока Куры здесь заполнена очень мощным потоком базальтов. В них прекрасно видна характерная призматическая отдельность. Столбы базальта, вертикальные в массе потока, в основании своем приближаясь к склонам древней долины, наклонены и повернуты, приобретая нормальное положение к склону. Однако большей частью и в осадочных и в изверженных породах местные изменения морфологии трещин, угла их падения или реже направления трещиноватости связаны не с первичными, а с последующими дислокациями, что было рассмотрено нами выше (см. рис. 2а, б) и чему посвящена нами специальная статья (Шульц, 1971).

Выяснение связей, существующих между планетарной трещиноватостью и тектонической структурой, имеет очень большое практическое значение. На нем строится методика прогноза и поисков складчатых и разрывных дислокаций и связанных с ними рудных жил, нефтяных и газовых месторождений и т. д. Наиболее перспективно установление таких связей в закрытых районах с анализом линеаментов по аэроснимкам.

### Линеаменты

Не только формы тектонической структуры оказываются связанными с планетарной трещиноватостью. Трещиноватость имеет отражения и на земной поверхности. Упомянутые нами выше выдающиеся ученые Эли де Бомон и Леопольд фон Бух более ста лет тому назад указывали на закономерное расположение горных хребтов на Земле и на связь их с крупней-

шими трещинами. Еще раньше некоторые исследователи Альп считали, что реки текут вдоль рассекающих горы трещин. Четкая связь между строением речной сети и простиранием трещин в Южной Норвегии была установлена почти сто лет назад Черульфом (Шульц, 1969, рис. 7).

Связь направлений вытянутости прямолинейных потоков поверхностных и подземных вод с простиранием трещин описывалась также многими советскими учеными, начиная с А. С. Баркова и Н. И. Соколова (1934).

В настоящее время имеется огромное количество данных, доказывающих, что прямолинейно вытянутые горные хребты, гряды и уступы в рельефе Земли, прямолинейные элементы речной и овражной сети, берегов озер, морей и океанов, прямые линии в плане распределения почвенного и растительного покрова в подавляющем большинстве случаев отражают закономерности строения планетарной трещиноватости. Эти выдержанные по направлению прямолинейные элементы рельефа и ландшафта называются линеа м е н т а м и.

Термин линеамент был предложен Хоббсом и в настоящее время твердо вошел в мировую литературу. «Наиболее значительные линеаменты лика Земли могут быть описаны как гребни хребтов или границы поднятых областей, линии тальвегов, линии побережий и линии границ геологических формаций, петрографических типов пород и контуров обнажений» (Hobbs, 1904). Автор подчеркивает, что линеамент не обязательно отражает смещение по тектоническим линиям. Этот термин «не означает ничего иного, как в общем прямолинейные формы Земли» (цит.: по Деннису, 1971). Е. Хиллс (1967) называет линеа м е н т а м и выдержанные по направлению элементы ландшафта, указывая, что Хоббс употребляет термин линеамент в этом понимании.

Не следует ограничивать применение термина линеамент только глубинными разломами и глобальными формами рельефа, как это делают В. Е. Хаин (1964) и некоторые советские геологи. Линеаменты, так же как и трещины, могут быть самой различной величины — от крупнейших швов Земли, протягивающихся на тысячи километров, до прямолинейных тальвегов мелких рек и оврагов длиной в сотни метров.

Наиболее крупные регионального или глобального масштаба линеаменты Хиллс (1967) предлагает назвать «мегалинеа м е н т а м и». Некоторые исследователи определяют термин линеамент как выраженный в рельефе разлом или трещину, хотя по существу рассматривают не трещины, а прямолинейные формы рельефа. Бланше (Blanchet, 1957), практически используя прямолинейные отрезки речной сети в Канаде, называет их микротрещинами (при длине отрезка менее двух-двух с половиной миль) и макротрещинами (при длине более двух миль), что едва ли удачно. Еще менее удачен термин мегатре-

щины, применяемый в советской литературе для обозначения линейных элементов рельефа (Гольбрайх и др., 1968).

В данном случае фактически наблюдаются не «трещины» и тем более не «мегатрещины», а большей частью лишь прямолинейные отрезки иногда очень небольших рек, связь которых с трещинами большей частью непосредственно не устанавливается. Вот почему, не ссылаясь даже на приоритет, для обозначения рассматриваемых нами линейных форм следует применять только точный и четкий термин *линеамент*, в понимании Хоббса.

Связь отдельно взятого линеамента с отдельной трещиной, как правило, ничем не доказывается. Но сопоставление сети линеаментов какого-либо района с замеренными в обнажениях трещинами говорит обычно об их общности, хотя они и не вполне однозначны (см. статьи Р. И. Баевой и Р. А. Борисовой в настоящем сборнике).

Связь линеаментов с рассматриваемой нами планетарной трещиноватостью доказывается тем, что массовые замеры простираций линеаментов, так же как и трещин, позволяют построить диаграммы, отражающие ротационные напряжения в земной коре. Так простирация прямолинейных участков речной сети в Западно-Сибирской низменности по данным Н. В. Шаблинской (3387 замеров) рисуют розу с лучами СВ 45° и СЗ 312°.

Однако линеаменты отражают на дневной поверхности не только трещины, но и образовавшиеся вдоль них разрывные дислокации. Иногда именно благодаря смещению по разрыву трещина получает выражение в рельефе. Так Д. И. Мушкетов (1935) называет линеаментами уступы, появившиеся на склонах Заилийского Алатау в результате землетрясения 1911 г. И это правильно, это тоже линеаменты, которые до землетрясения не были видны на поверхности.

Ограничивать применение термина *линеамент* только трещинами и разрывами, выраженными в рельефе, тоже не следует, так как, во-первых, в рельефе могут быть отражены также и закономерно ориентированные складчатые формы структуры, а, во-вторых, линеаменты могут быть выражены не в рельефе, а лишь в строении ландшафта. Последнее относится, например, к линеаментам, связанным с особенностями растительного и почвенного покрова.

Линеаменты особенно хорошо рисуются на аэроснимках. Тем не менее определять термин *линеамент* как прямые линии на аэроснимке, как это делают многие американские геологи (Billings, 1954; Mollard, 1957 и др.),<sup>4</sup> мне кажется неправильным. Линеаменты видны не только на аэроснимках, но и на топографических картах и непосредственно в природе. Иногда,

<sup>4</sup> Приводятся по В. Дею (Deu, 1968).

например в областях выходов на поверхность кристаллического основания на щитах, мы можем видеть непосредственно трещины и разрывы, а также их изображение на аэроснимках.

Но в общем случае, так же как и многие другие исследователи (Kaiser, 1950; Lattman, 1958),<sup>5</sup> мы называем линеаментами не только видимые на снимках или в натуре трещины и разрывы, но и прямолинейные элементы рельефа и ландшафта, включая спрямленные участки рек и береговых линий, а также линейные, растительные или почвенные границы (Шульц, 1970).

Иногда соответствие простираций линеаментов и трещин устанавливается сразу, но большей частью связь ориентировки прямолинейных элементов с планом планетарной трещиноватости выясняется лишь путем сопоставления роз или векторных диаграмм тех и других. Говоря о прямолинейных элементах, я имею, конечно, в виду естественные линии и не думаю, что это надо оговаривать в определении термина. Никто, конечно, не станет замерять просеки в лесу или железные и шоссейные дороги. Но в некоторых случаях смена растительности или тона почвы на аэроснимке может быть связана со следом лесного пожара, дошедшего некогда до прямолинейной тропы в лесу, или с какими-нибудь другими причинами, обусловленными хозяйственной деятельностью человека.

Кроме того, прямолинейные элементы рельефа могут отражать и естественные явления, например, направление господствующего ветра в грядовых песках, направление морских течений вдоль береговых линий и т. п. Эти, не имеющие отношения к трещиноватости прямые линии зачастую легко выделяются, и мы стремимся не учитывать их при анализе линеаментов. Но в то же время быть совершенно уверенным, что все учтенные нами прямолинейные элементы, например все спрямленные участки речных долин, непосредственно отражают трещины, тоже нельзя.

Однако если мы и включаем в линеаменты некоторые не связанные с трещиноватостью линии, то большей частью направления их будут случайными, не выдержанными и не будут иметь большого значения при массовых замерах и построениях роз. Напротив, если мы будем считать линеаментами только заведомо установленные трещины и разрывы, то в некоторых районах, где это трудно доказать (например, в Западной Сибири), мы не сможем собрать достаточного материала для статистического анализа. Поэтому, повторяю, линеаментами мы называем выдержанные по направлению прямолинейные элементы ландшафта. Как правило, они отражают простирация планетарной трещиноватости.

Следует отметить, что розы и векторные диаграммы линеаментов могут отличаться от роз и векторных диаграмм трещин

<sup>5</sup> То же.

степень развития того или иного луча. Это связано с выборочным использованием денудационными процессами (особенно речными потоками) определенных в каждом данном случае направлений систем трещин.

Мы так подробно остановились на определении термина линеамент, так как однозначное понимание этого широко распространенного термина имеет большое значение в изучении планетарной трещиноватости, особенно при использовании ее в прикладных целях. Следует предостеречь от поспешных выводов, основанных только на анализе линеаментов по картам и аэроснимкам, без сравнения их в каждом изучаемом регионе с замеренными в обнажении трещинами.

### Теоретическое значение дальнейшего изучения планетарной трещиноватости

Изучение планетарной трещиноватости и отражающих ее линеаментов имеет большое теоретическое и практическое значение. Методам поисков и прогнозирования структурных форм с помощью анализа планетарных трещин, в том числе поискам нефте- и газосносных структур в закрытых районах, а также закономерностям размещения рудных месторождений, будут посвящены дальнейшие специальные работы Лаборатории планетарной трещиноватости ЛГУ.

Здесь мы остановимся на некоторых общих теоретических вопросах. Среди них одной из основных задач дальнейших исследований планетарных трещин является изучение соотношений возраста пород и простираний векторов сводных диаграмм трещин и линеаментов. Теоретически эти соотношения могут быть обусловлены разными причинами.

Во-первых, можно допустить смещение полюса или оси вращения планеты во времени. Величина возможных смещений оценивается очень неодинаково, но наличие смещений оси вращения планеты с той или иной долей определенности доказывается и астрономическими, и палеомагнитными, и палеоклиматическими данными. Естественно, что системы трещин, заложенные в свое время закономерно относительно оси вращения Земли, при смещении оси будут отклоняться от новых ортогональных и диагональных сеток на ту или иную величину.

Во-вторых, и при неизменном положении полюса возможно смещение относительно своего первоначального положения отдельных глыб, блоков и пластин по надвигам, шарриажам и сдвигам, а также и более грандиозные смещения плит материков и океанического дна.

Можно считать, что направления основных систем трещиноватости должны отвечать и положению полюса времени их формирования и первоначальному положению изучаемого региона. В случае несоответствия современного плана планетарных напряжений простирациям систем трещин в породах того или

иного возраста, в том или ином регионе мы в настоящее время не можем сказать — какой из возможных причин вызвано это несоответствие. Эмпирически решить этот вопрос окончательно возможно только имея данные о простирациях трещин во всех геологических системах на всех материках и океанах.

Сейчас мы можем высказать только некоторые предположения, которые должны быть учтены, подтверждены или отвергнуты в процессе дальнейших исследований.

В пользу изменения положения полюса говорят некоторые палеогеографические данные. Мы не имеем возможности входить здесь в их оценку. Укажем лишь, что, по мнению Н. М. Страхова (1960), начиная с мезозоя (с юры), Северный и Южный полюсы почти не меняли своего местоположения. В верхнем палеозое ( $C_{2-3}$  — Р) в районе между  $10^\circ$  западной и  $20^\circ$  восточной долготы в Европе экватор находился примерно на  $42$ — $48^\circ$  севернее его современного положения. Соответственно была смещена и ось вращения и все климатические зоны Земли. Положение полюсов в это время, по построениям Страхова, определяется для Северного полюса в районе Алеутских островов, для Южного — вблизи южного окончания Африки. В нижнем палеозое плоскость экватора в районе тех же долгот была еще на  $30^\circ$  севернее, а полюсы находились: Северный — в центре Тихого океана, а Южный — у западного побережья Африки.

Я остановился на построениях Страхова, так как согласно им, несмотря на очень большие перемещения полюса, смещения эти идут в одном направлении и разделены большими интервалами почти неизменного положения полюса. Мне кажется, следует обратить внимание, что по данным Страхова полюсы все время движутся вдоль большого круга, проходящего через Западную Европу. Поэтому они не должны вызывать больших изменений в простирациях планетарных трещин в Европе, а также не могут привлекаться для объяснения перемещения полюса (или материков) вдоль параллелей.

Страхов, не соглашаясь с Л. Б. Рухиным, допускавшим большие перемещения полюса в мезозое и, в частности, в мелу, указывает, что изменения климата могли быть связаны не с иным наклоном оси вращения планеты, а с общим изменением температурного режима Земли. Следы иных условий климата в отдельные геологические эпохи могут быть связаны и с изменением солнечной радиации и с изменением количества углекислоты в воздухе или с изменением наклона земной оси к эклиптике. Влияя на палеогеографию, такие явления не должны были вызывать значительного изменения рисунка планетарной трещиноватости.

Широкой известностью пользуются палеомагнитные реконструкции, говорящие обычно об очень больших перемещениях магнитного полюса. Они основывались на изучении векторов остаточной намагниченности в породах различного



возраста. Однако пути и быстрота смещения полюса рисуются разными учеными весьма различно. Тем не менее данные по планетарной трещиноватости следует сопоставлять со сводными данными по палеомагнетизму (Храмов, Шолпо, 1967). При этом надо учитывать, что функциональная связь между положениями магнитного и географического полюсов еще не установлена (Каттерфельд, 1970).

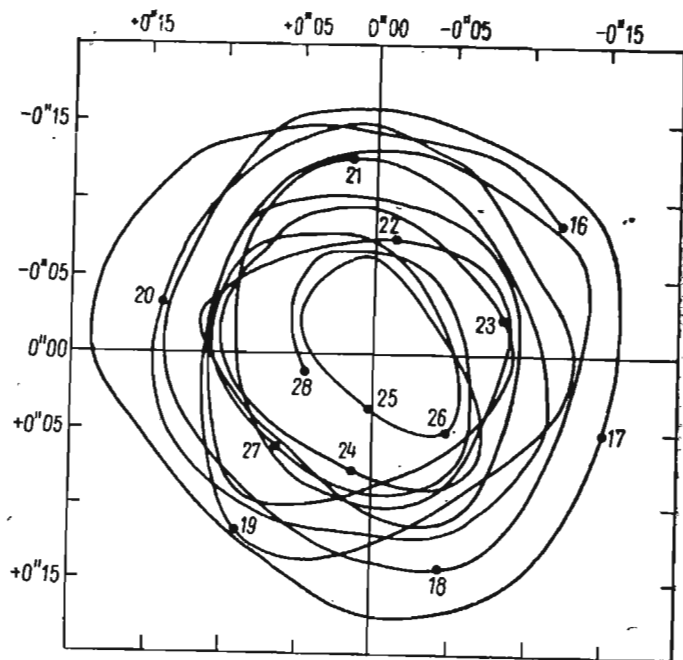


Рис. 5. Кривая перемещения Северного полюса с 1916 по 1928 г. (Орлов, 1941).

Особого внимания заслуживают астрономические данные о современных перемещениях географического полюса. А. Я. Орловым (1941) указываются два типа перемещений: периодические, зависящие от сезонных и других периодических явлений, и вековые изменения средней широты. Международная служба широт позволяет предполагать современные периодические перемещения полюсов в пределах нескольких десятков метров. На рис. 5 изображена кривая перемещения северного полюса за 12 лет. Полюс, судя по рисунку, периодически и многократно описывает круги, радиус которых за время наблюдений не превышал  $0''{,}2$ , т. е. 6 м. Вековые движения полюсов или их внезапные смещения современными астрономическими наблюдениями пока надежно не установлены. Однако можно не сомневаться, что более крупные периодические явления, напри-

мер этапы больших изменений рельефа земной поверхности, вызывали большие перемещения полюсов.

Совершенно очевидно, что в результате новейшей тектоники, создавшей за последние 25 000 000 лет основные черты современного рельефа, фигура Земли, а следовательно, и ось ее вращения должны были измениться. Однако даже столь значительный этап в тектонической жизни Земли едва ли вызвал очень крупные перемещения полюса. По подсчетам К. К. Маркова (1948), если бы сейчас всю Азию выровняли эрозией до уровня океана, то Северный полюс передвинулся бы всего на 40 км, т. е. на треть градуса. По тем же данным древнее оледенение Северной Америки и Европы должно было вызвать изменение в положении полюса на 8 км.

Если не учитывать возможного регулярного смещения полюса и общего замедления вращения Земли в связи с приливным трением, то можно предположить, что в периоды геократические, подобные современному, положение полюса было близким тому, которое мы наблюдали в настоящее время.

В эти периоды, когда в ряде областей возникали горные хребты, когда контрастный климат Земли обуславливал наличие пустынь и оледенений и когда повсюду наблюдались регрессии моря, Земля, по-видимому, вращалась относительно более быстро. Напротив, в эпохи талассократические, равномерно теплого, влажного климата и равнинного рельефа, в результате трансгрессий мелководных эпиконтинентальных морей, покрывавших значительные части шельфа, приливное трение резко усиливалось и Земля вращалась медленнее. В эти эпохи, казалось бы, смещение полюсов должно было быть наиболее значительным. Это отчасти согласуется с данными, приводимыми Страховым. Он считает, что в переходные эпохи (верхний девон и триас), когда длительно устойчивый план климатической зональности после завершения орогенеза сменился другим планом, наклон плоскости экватора резко и быстро изменялся.

Изложенные рассуждения, мне кажется, следовало бы проверить путем массовых замеров разновозрастных трещин в разных регионах. Пока мы такими данными почти не располагаем. Построенные сводные розы трещин для разных по возрасту геологических систем (Шульц, 1969) дают цифры, отличающиеся от современных расчетных направлений, как правило, не более чем на  $10^\circ$ . Это относится и к кембрийской, и к ордовикской, и к каменноугольной системам, с одной стороны, а также и к девонской, пермской и четвертичной системам, с другой. Только в верхнем мелу Среднего Поволжья трещины на сводной диаграмме отклоняются от расчетных на  $20-25^\circ$ . Однако эти замеры велись в разных породах, частью в условиях локальных дислокаций. Поэтому полученные отклонения могут иметь здесь не только планетарное, но и локальное и региональное значение (см. выше).

Я предполагал, что для верхнего девона при сравнении простираний в Изборске (ССВ  $10^\circ$  и ЗСЗ  $280^\circ$ ) и на Среднем Тимане (СВ  $35^\circ$  и СЗ  $310^\circ$ ) мы имеем значительно больший поворот векторов от  $25$  до  $30^\circ$  (Шульц, 1964). Однако в настоящее время этот пример я не считаю убедительным. Возможно, что в данном случае разница в простираниях объясняется тем, что в Изборске проявилась ортогональная система, а на Тимане — диагональная.

В целом наши данные не дают основания для заключения о больших изменениях в положении земной оси в фанерозое. По-видимому, они могут определяться изменением простираний трещин в пределах  $10$ — $15^\circ$ . Это, конечно, совершенно предварительный вывод, так как нами использованы только собственные ограниченные данные, лишь для некоторых возрастных интервалов и лишь для Русской платформы. Достаточными материалами, позволяющими определить векторы сводных диаграмм трещин строго определенного возраста для других областей Земли, мы не располагаем.

Наше предварительное заключение может справедливо оспариваться еще и по другой причине. Возможно, что намечающиеся отклонения в простираниях трещиноватости ордовикских, девонских и других пород связаны не с изменением положения полюса, а с поворотами отдельных блоков земной коры, а может быть и материков, относительно неизменного полюса. С горизонтальными перемещениями материков, как известно, многие ученые, начиная с Вегенера, связывают палеогеографические изменения, происходившие в мезозое и кайнозое.

Мы не имеем возможности остановиться здесь на этом чрезвычайно интересном вопросе во всей его широте. Хотя у нас и имеется небольшое количество данных, которые говорят, по-видимому, в пользу того, что в пределах Русской платформы значительных перемещений блоков в течение верхнего протерозоя и фанерозоя не было.

Сравнения трещиноватости некоторых близких по возрасту интрузивных пород Балтийского и Украинского щитов показали, что они обладают похожими рисунками роз-диаграмм и сходными направлениями трещиноватости. То же наблюдается и при сравнении роз-диаграмм верхнепротерозойских кварцито-песчаников этих двух районов (см. статью Т. В. Николаевой).

Небольшие, но определенные изменения простираний векторов трещиноватости разновозрастных пород в зависимости от местоположения их в пространстве были установлены нами при последовательном прослеживании на протяжении  $500$  км известняков и доломитов ордовика (Шульц, 1969).

В девонских известняках Изборска исключительно четкие системы трещин повернуты относительно современных меридианов и параллелей на  $10^\circ$ . Что это — поворот координат

в связи с перемещением полюса или поворот блока всей Русской платформы? Мы не можем ответить на этот вопрос. Тем более, что существует множество данных, свидетельствующих о том, что в породах разного возраста, иногда разделенных перерывами и несогласиями, ориентировка основных систем трещин остается неизменной (Смехов, 1961; Николаев, 1962, и др.).

В то же время несомненная особенность планетарной трещиноватости, как мы видели выше, заключается в том, что при массовых замерах трещин на значительных территориях сводные розы и векторные диаграммы их, замеренные разными лицами в породах разного возраста и в разных областях Земли, дают почти тождественные простирания. Они всюду близки направлениям С — 0, СВ —  $45$ , З —  $270$  и СЗ —  $315^\circ$ .

Правда, в построениях некоторых ученых приводятся другие цифры. Количество систем планетарных трещин, указываемых разными исследователями, не одинаково. Выделяются две, четыре, шесть, восемь систем (см.: Каттерфельд и Чарушин, 1970). При этом направление лучей в системах различно. Мы отмечали выше, что Бланше (Blanchet, 1957), выделяющий, так же как и большинство исследователей, четыре системы трещин, считает, что в Канаде они имеют простирание ЗСЗ, ССЗ, ССВ и ВСВ. Арабу (1937), выделяя 8 систем, приводит и направления, отмечаемые нами, и направления Бланше. П. С. Воронов подчеркивает, что на сводных диаграммах-розах ортогональные лучи узкие, а диагональные — широкие. В некоторых случаях с краев диагональные, широкие лучи имеют «дополнительные заострения». В результате рисуются не четыре, а шесть лучей со средними азимутами:  $0^\circ$ ,  $35$ ,  $55$ ,  $270$ ,  $305$ ,  $325^\circ$ .

Не соглашаясь с П. С. Вороновым, который, так же как Г. Н. Каттерфельд и др., считает, что правильную сеть планетарной трещиноватости следует «генетически (подчеркнуто мной.— С. Ш.) связывать с меридионально направленными векторами тангенциальных напряжений сжатия и растяжения земной коры» (Воронов, 1968, стр. 60), я считаю, что «сходство в облике роз является фундаментальным фактом, свидетельствующим о единстве причины, определившей...» не появление региональных диаклаз, как пишет П. С. Воронов, а ориентировку планетарных трещин, «отраженных на диаграммах, и не зависящей существенным образом от положения того или иного региона поверхности Земли» (1968, стр. 55—56).

Как же объяснить этот «фундаментальный факт»?

Воронов считает, что планетарная трещиноватость и особенно линейные элементы могут сохранить симметрию относительно оси вращения Земли при изменении местоположения географических полюсов благодаря тому, что старые системы открытых трещин перейдут при этом в категорию слепых, а на месте слепых трещин возникают системы открытых трещин, симметричных относительно новой ориентировки главного вектора.

Я думаю, что такое объяснение может быть и приемлемо для сводных роз линеаментов, но мне трудно согласиться с ним при анализе трещиноватости. Действительно, не только трещины, но и сети даек и жил, разрывные и складчатые дислокации, фиксирующие положение планетарной трещиноватости на том или ином возрастном этапе развития структуры земной коры, обладают простираниями, соответствующими обусловленным современным положениям полюсов.

Должен сказать, что собственных данных, подтверждающих указанное заключение, я не имею, но они приводятся другими исследователями или вытекают из их построений и иллюстраций. Так Каттерфельд и Чарушин (1970) для осадочного чехла и кристаллического фундамента Сибирской платформы указывают, что статистическая обработка азимутов простираний трещин, даек траппов, имеющих протяженность многие километры, и многочисленных сбросов приводит к выявлению тех же четырех систем, закономерно ориентированных относительно современного полюса.

Что же, получается, что ни полюс не менял своего положения, ни отдельные глыбы не поворачивались относительно полюса?

Именно на такой позиции стоит Н. С. Шатский (1964). Особенно резко он выступает против плавления материков, считая, что тектонические элементы сиалической оболочки неразделимо связаны со структурами и движениями симатической мантии. Следовательно, двигать сиаль по симе нельзя. В общем тех же взглядов, не допускающих скольжения коры по мантии, придерживаются В. В. Белоусов (1962), Г. Штилле (1964) и многие др.

Повороты земного шара относительно оси его вращения не допускаются Шатским в связи с существованием закономерной планетарной сети разломов, образующей весьма консервативный каркас, которому подчиняются все последующие деформации в земной коре. Белоусов в вопросе о перемещении полюсов высказывается менее определенно. С одной стороны, он рисует древнейшие ядра материков, закономерно и симметрично расположенные на Земном шаре при современном положении оси вращения, а современные границы материков связывает с глубинными разломами, «образующими правильную сетку на поверхности Земли» (1962, стр. 543), с другой — некоторые выводы о перемещении полюсов, основанные на палеомагнитных наблюдениях, считает обоснованными, так как они согласуются с палеоклиматическими данными (1962, стр. 540).

Наряду с «фиксистами» целый ряд геологов, а также зоогеографов, фитогеографов и палеогеографов стояли и стоят на позициях мобилизма (Кропоткин, 1967, и др.).

Совершенно в новом аспекте взгляды мобилистов рисуются нам в связи с новейшими исследованиями океанического дна.

(Буллард, 1971; Менард, 1971). В создании новой теории важными представляются материалы шкалы инверсий палеомагнитных полюсов Земли, составленной большой группой ученых на основании детального изучения стратиграфии и остаточной намагниченности базальтовых покровов Исландии, Южной Африки, Индостана и Японии (Сох, Dalrymple, Doell, 1967). Составленная шкала подтверждается всеми известными наблюдениями (Карасик, 1971). Сопоставление палеомагнитной шкалы инверсий с открытой уникальной полосчатой структурой аномального магнитного поля океанов (Vine, Matthews, 1963) привело к созданию теории разрастания океанического дна (sea-floor spreading), которая подтвердилась анализом напряжений в очагах землетрясений рифтовых зон срединно-океанических хребтов и поперечных к ним трансформных разломов, и, наконец, результатами глубоководного бурения с судна «Гломар Челленджер». Все эти данные легли в основу теории новой глобальной тектоники (Le Pichon, 1968; Isaaks, Oliver, Sikes, 1968), согласно которой движение отдельных плит литосферы происходило относительно нескольких полюсов, не имеющих какой-либо закономерной связи с географическими полюсами Земли.

Естественно, что такой подход не дает возможности прогнозировать первоначальных заданных положений полюсов для конкретных геологических эпох и требует эмпирического определения их местоположения в каждом изучаемом случае на основании комплекса данных, в том числе и данных планетарной трещиноватости. В процессе дальнейших исследований планетарной трещиноватости сопоставление полученных данных с новой глобальной тектоникой является нашей неременной задачей.

В целом поднятые здесь вопросы, особенно значение и масштаб перемещения полюсов в истории геологического развития Земли, а также фиксизм или мобилизм, чрезвычайно важны и дискуссионны. Значение этой дискуссии освещено в статье В. Е. Хаина «Происходит ли научная революция в геологии» (1970). Автор статьи склоняется в пользу перемещения полюсов и мобилизма.

Мы кратко коснулись крайних представлений для того, чтобы подчеркнуть, что дальнейшее изучение планетарной трещиноватости помимо практически важных выводов может и должно послужить базой при решении этих фундаментальных и спорных вопросов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ажгирей Г. Д. 1966. Структурная геология. МГУ.  
Арабу Н. 1937. Тр. XVII сессии МГК, 2. ГОНТИ, стр. 337—348.  
Архангельский А. Д. 1932. Геологическое строение СССР. Географиздат.  
Баева Р. И. 1968. Вестник ЛГУ, 24, стр. 93—101.

- Баева Р. И. 1968. Вестник ЛГУ, 12, стр. 126—132.
- Барков А. С., Н. И. Соколов. 1934. Трещиноватость палеозоя Самарской луки и ее выражение в геоморфологии. «Водгео».
- Белюсов В. В. 1962. Основные вопросы геотектоники. Госгеоиздат.
- Богданов А. А. 1947. Советская геология, 16, стр. 102—104.
- Борисов А. А. 1967. Глубинная структура территории СССР по геофизическим данным. «Недра».
- Булин Н. К. 1971. Геотектоника, 4, стр. 43—45.
- Буллард Э. 1971. В сб.: Океан. «Мир», стр. 29—43.
- Воронов П. С. 1968. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. «Наука».
- Гольбрайх И. Г., В. В. Забалуев, А. Н. Ласточкин, Г. Р. Миркин, И. В. Рейнин. 1968. Морфоструктурные методы изучения тектоники закрытых платформенных нефтегазоносных областей. «Недра».
- Гофштейн И. Д. 1967. Известия ВГО, стр. 501—505.
- Деннис Дж. 1971. Международные термины геологических терминов. «Мир».
- Долицкий А. В., И. А. Кийко. 1963. В сб.: Проблемы планетарной геологии. Госгеоиздат, стр. 291—311.
- Иванов Г. А. 1939. Кливаж (отдельности) в углях и вмещающих породах и пути его практического использования, часть I. ГОНТИ.
- Карасик А. М. 1971. Геотектоника, 2, стр. 3—18.
- Карпинский А. П. 1883. Горный журнал, 9, стр. 434.
- Каттерфельд Г. Н., Г. В. Чарушин. 1970. Геотектоника, 6, стр. 3—12.
- Кириллова И. В. 1949. Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, сер. геол., 6, стр. 92.
- Кропоткин П. Н. 1967. Геотектоника, 5, стр. 25—40.
- Марков К. К. 1948. Основные проблемы геоморфологии. ОГИЗ.
- Менард Г. У. 1971. В сб.: Океан. «Мир», стр. 81—98.
- Мушкетов И. В. и Д. И. Мушкетов. 1935. Физическая геология. I, ОНТИ.
- Николаев Н. И. 1962. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР. Госгеоиздат.
- Новикова А. С. 1951. Изв. АН СССР, сер. геол., 5, стр. 68—85.
- Орлов А. Я. 1941. Бюлл. Гос. астр. ин-та им. Штенберга, 7, стр. 5—26.
- Пейве А. В. 1956. Изв. АН СССР, сер. геол., 1 и 3, стр. 90—105 и стр. 57—71.
- Пермяков Е. Н. 1949. Тектоническая трещиноватость Русской платформы. МОИП.
- Полканова В. Б. 1963. В сб.: Вопросы картографии. Сиб. отд. ВГО, стр. 82—84.
- Рац М. В. 1962. ДАН СССР, 144, 3, стр. 622—625.
- Смехов Е. М. 1961. Закономерности развития трещиноватости горных пород и трещинные коллекторы. Госгеоиздат.
- Страхов Н. М. 1960. Основы теории литогенеза. I. Изд. АН СССР.
- Тяпкин К. Ф., В. А. Нечаев, В. Д. Харитонов, В. М. Беланов, Г. Е. Козубская и др. 1966. Геотектоника, 2, стр. 72—82.
- Философов В. П., Е. П. Мельников. 1963. Морфометрический метод при геологических исследованиях. Изд. Саратовского ун-та, стр. 208—218.
- Хаин В. Е. 1964. Общая геотектоника. «Недра».
- Хаин В. Е. 1970. Природа, I, стр. 7—19.
- Хиллс Е. Ш. 1967. Элементы структурной геологии. «Недра».
- Храмов А. Н., Л. Е. Шолпо. 1967. Избр. тр., II. Изд. АН СССР, стр. 523—543.
- Шатский М. Н. 1964. Избр. тр., 2. «Наука».
- Штилле Т. 1964. Избр. тр. «Мир».
- Шульц С. С. 1961. Уч. зап. ЛГУ, 15, стр. 3—26.
- Шульц С. С. 1962. В сб.: IV совещание по проблемам астрогеологии. ВГО СССР, стр. 55—56.
- Шульц С. С. 1964. МГК XXII сессия. Доклады советских геологов. Проблема 4. «Наука», стр. 147—153.
- Шульц С. С. 1965. Основные проблемы изучения четвертичного периода. «Наука», стр. 147—150.
- Шульц С. С. 1966. Геотектоника, 2, стр. 36—42.
- Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.
- Шульц С. С. 1970. Вестник ЛГУ, 24, стр. 50—56.
- Шульц С. С. 1971. Геотектоника, 4, стр. 6—14.
- Blanchet P. H. 1957. Bull. of Amer. Assoc. Petroleum Geol. 8. p. 1748—1759.
- Buch L. 1867—1885. Gesammelte Schriften. Berlin, G. Reimer.
- Cloos H. 1936. Einführung in die Geologie. Berlin.
- Cox A., Dalrymple G. B., Doell R. R. 1967. Scient. Amer., 216, 2, p. 44—54.
- Dey Bimal P. 1968. Union of Burma Journal of Science and Technology, 1, 3, December, p. 431—437.
- Elie de Beaumont L. 1829, 1830. Ann. Sci. Natur., 18, p. 284—336, 19, p. 1—112.
- Heiskanen W. A., Vening Meinesz F. A. 1958. The Earth and its Gravity Field. New York.
- Hobbs W. H. 1904. Geol. Soc. Am. Bull. 15, pp. 483—506.
- Isaaks B., Oliver J., Sykes L. R. 1968. "J. Geophys. Res.", 73, 18, p. 5855—5899.
- Lasaux. 1882. Die Gänge. Handwörterbuch Kenngott. I.
- Lotze Franz. 1933. "Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie", Abt. B. (Geol. u. Pal.), 4, S. 193—199.
- Phillips V. 1836. Illustration of Yorkshire, t. II, London.
- Le Pichon X. 1968. J. Geophys. Res., 73, 12, p. 3661—3697.
- Sonder R. 1938. Ecl. Geol. Helv., 31, 1, S. 199—238.
- Vine F. J., Matthews D. H., 1963. "Nature", 199, 4897, p. 947—948.

Г. В. ЧАРУШИН, Г. Н. КАТТЕРФЕЛЬД

## ГЛУБИННЫЕ РАЗЛОМЫ ЗЕМЛИ И МАРСА

До настоящего времени не прекращается дискуссия по поводу природы «каналов» Марса — удивительных и загадочных образований на его поверхности. О «каналах» Марса написано немало статей, высказано много гипотез, и все же не существует достаточной ясности о их происхождении. Среди исследователей наблюдается стремление объяснить природу «каналов» Марса с позиций какого-либо одного представления, с позиций моногенетической гипотезы их образования.

Марс и Земля во многих отношениях сходные планеты. Они относятся к одному типу планет Солнечной системы — типу Земли, поэтому проведение сравнительного анализа планетарных черт обеих планет, особенно их линейных структурных элементов, вполне правомочно. В отношении последних основой для сравнительного анализа могут служить тщательно выпол-

ненные визуальные зарисовки и фотографические карты Р. Трэмплера, Е. Антониади, В. А. Бронштэна, Э. Слайфера, де Моттони и П. Мура, Ш. Миямото и других и достаточно хорошо изученные линейные структурные элементы Земли — разломы, показанные на различных геологических и тектонических картах. При глобальном сравнительном анализе линейных элементов Земли и Марса тип картографических проекций должен быть идентичным. Несомненно более детальные сведения о линейных структурах Марса поступают после ракетных исследований и дешифрирования телефотоснимков («Maginer IV, VI, VII, IX»). Большое значение для сравнительного анализа разномасштабных разрывных структур линейного типа приобретают региональные и глобальные телефотоснимки поверхности Земли, полученные с помощью советских автоматических станций «Зонд-5», «Зонд-7» и «Зонд-8» и искусственных спутников, например «Молния-1», при разном расстоянии от Земли (от нескольких сотен километров до 18000—29000 км). Глобальные телефотографии Земли поступают и с американских искусственных спутников и межпланетных ракет.

Существует около десятка гипотез, объясняющих происхождение «каналов» Марса, часть из которых получила широкую известность. Не останавливаясь на том, что и какие особенности каналов Марса объясняет та или иная гипотеза и чего не в состоянии объяснить, т. е. на их существенных недостатках, иногда ликвидировавших гипотезу как таковую, отметим, что в большинстве из них допускается процесс растрескивания коры Марса, с вытекающими согласно каждому представлению соответствующими гипотетическими природными явлениями. С геологической точки зрения наиболее приемлемой оказывается тектоническая, иначе разломная, гипотеза происхождения «каналов» Марса (Каттерфельд, 1959, 1966, 1969; Miyamoto, 1961, 1966; Чарушин, 1968, и др.).

О разломах Земли написано так много (Пейве, 1960; Косыгин, 1969, и др.),<sup>1</sup> что нет нужды сколько-нибудь подробно на них останавливаться. Отметим только самые основные признаки наиболее крупных, планетарного значения, глубинных разломов. Крупнейшим разломом Земли свойственна большая протяженность, длительность и многофазность геологического развития, отсюда и унаследованность в пространственном расположении. По разрывам, входящим в зону разломов, происходят перемещения блоков горных пород. Нередко крупные разломы разграничивают регионы земной коры с разной историей геологического развития и различным режимом тектонического движения.

<sup>1</sup> Работы отмеченных исследователей являются сводными и обобщающими. В них, в частности, рассматриваются системы разломов и приводятся обширные библиографии по разломам. Как известно, основоположником учения о глубинных разломах является А. В. Пейве.

Глубинные разломы и разломы глубокого заложения представляют собой узкие зоны разрывов, смятия, дробления горных пород и магматического насыщения. В длину зоны разломов достигают сотен и тысяч километров. Глубинные разломы образуют линейные зоны шириной в десятки и сотни километров. Глубинные разломы нередко выражены в рельефе. Среди крупных разломов выделяют коровые, глубокие и сверхглубокие, сквозные и затухающие, находящиеся внутри платформ, расположенные на их границах со складчатыми зонами, в складчатых зонах, распространяющиеся из складчатых зон на платформы или наоборот из платформ в складчатые зоны и разломы, окаймляющие блоки земной коры. На земном шаре разломы образуют пояса большой протяженности. Крупные разломы играют существенную роль в морфологии и ландшафте Земли. Морфологически эти разломы находят выражение в пограничных переходах между горными странами и низменностями, плоскогорьями и равнинами, в конфигурации крупных озер и внутриконтинентальных морей, в очертаниях материков, в расположении и ориентировке долин крупных рек, в цепочках вулканов и интрузивных магматических тел, в границах ландшафтных областей и зон и т. д. С глубинными разломами сопряжены такие структурно-тектонические формы, как грабены, рифтовые долины, авлакогены.

Для сравнительного анализа разломов Земли и «каналов» Марса была составлена схема крупных разломов Земли, выходящих на ее поверхность и нашедших отражение в рельефе и ландшафте, а также в структуре земной коры. Разломы, вынесенные на эту схему, являются результатом тщательного анализа мировой геологической литературы. Были использованы сведения, приводимые в работах многих исследователей, и особенно те, в которых специально рассматриваются разломы планетарного значения. При этом выбирались наиболее реальные и достоверные разломы, доказываемые геологическими, геоморфологическими, геофизическими и геоструктурными данными. Схема сети разломов Земли построена в том виде, в котором выглядела бы сеть швов разломов, если бы Земля была лишена водной оболочки и растительности и подвергалась фотографированию со значительного удаления от нее. Океанические впадины тогда выглядели бы темными пятнами на поверхности голый Земли, а материк осветленными и светлыми областями не только в силу их различного гипсометрического положения, но и из-за того, что в океанах дно сложено главным образом темноцветными основными породами, а на материках преобладают светлые осадочные и кислые магматические породы. Схема сети разломов Земли составлена для большей части ее поверхности, за исключением полярных арктической (выше 75° с. ш.) и антарктической (ниже 50° ю. ш.) областей, поскольку сведения о разломах этих территорий очень скудны в силу их

слабой и недостаточной геологической изученности. Та поверхность Земли, для которой была построена схема глубинных разломов, составляет 89% от всей поверхности планеты.

При взгляде на схему глубинных разломов Земли (рис. 2) становится очевидным, что земная кора расчленена довольно сложной сетью этих разломов, состоящей из различно ориентированных разной протяженности отдельных разломов и по-разному разветвляющихся и сочленяющихся. С геолого-географических позиций на этой схеме можно различать зоны разломов вышеупомянутых категорий. Однако для нашего анализа в первую очередь являются необходимыми не эти категории, а общие пространственные закономерности сети разломов Земли. Раз-

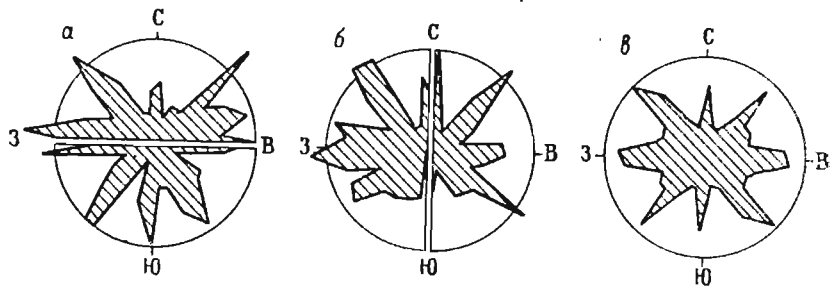


Рис. 1. Диаграммы простираний глубинных разломов Земли.  
а — для северного и южного полушарий; б — для западного и восточного полушарий; в — сводная.

ломы выглядят довольно узкими, но весьма протяженными линейными структурными элементами на поверхности Земли. Поэтому с точки зрения планетарного рассмотрения разломов представляют интерес закономерности в пространственной ориентировке зон разломов и их прямолинейных составных элементов, если зоны разломов имеют изломанную или изогнутую форму.

Результаты статистической обработки ориентировок разломов Земли приводятся в табл. 1. По квадрантам и полушариям земного шара выявляются максимумы простираний разломов. Из данных таблицы видно, что основные системы глубинных разломов Земли располагаются в четырех градусных интервалах: субмеридиональном  $355-5^\circ$ , северо-восточном  $45-55^\circ$ , субширотном  $85-275^\circ$  и северо-западном  $315-325^\circ$ . Количественные соотношения между этими основными системами разломов в разных квадрантах и полушариях различные (см. табл. 1, рис. 1). Сводные данные свидетельствуют о почти равном количественном развитии разломов по отмеченным основным азимутальным интервалам (см. рис. 1). Наблюдается определенная закономерность в соотношениях длин разломов. Чем больше длина разломов, тем их меньше на земном шаре и, наобо-

рот, с уменьшением длины разломов возрастает их количество. Кривая этой функциональной зависимости носит явный гиперболический характер.

В земной коре разломы образуют гигантские периконтинентальные, трансконтинентальные и трансокеанические пояса, например пояс разломов вдоль западного побережья американских материков, Монголо-Охотский пояс разломов, пояс разломов вдоль зоны глубоководных тихоокеанских впадин, Аравийский и Африканский пояса разломов, пояс разломов Срединного Атлантического хребта, пояса разломов внутренней Тихоокеанской вулканической провинции. Вытягиваются пояса разломов до 6000—7000 и более километров. Некоторые пояса разломов являются двойными по своей структуре, поскольку состоят обычно из двух параллельных друг другу зон разломов. Расстояние между сближенными зонами разломов не превосходит первых сотен километров. Можно на земном шаре отметить такие места, где сходятся несколько, от трех до шести, различно ориентированных разломов. Следовательно, помимо поясов разломов, необходимо выделять и места схождения разломов — структурные узлы, как один из характерных структурных элементов сети глубинных разломов Земли.

Разломами земная кора расчленяется на блоки разных размеров и формы. В поперечнике блоки, ограниченные глубинными планетарного значения разломами, достигают 1000—3000 км. Крупные блоки расчленены на более мелкие. Для того чтобы представить количественную картину раздробленности земной коры, была построена схема изоклаз на основе подсчета количества разломов по сетке с квадратными элементарными ячейками (рис. 2). Из приведенной схемы видно, что более раздроблены материки, чем океаны. Это и понятно, поскольку материковая кора прошла значительно большее геологическое развитие. Океаническая кора, надо полагать, испытала значительно меньшие деформации, и в центральных областях океанов по своему характеру и составу близка к первозданной. Участки наибольшего дробления коры приходятся на Центральную Сибирь, Гималайско-Тибетскую область, Урал, восточную часть Средиземноморья, восточную часть Африки, Юго-Восток Северной Америки и юго-западную часть Южной Америки. В заключение характеристики разломов Земли следует отметить, что и планетарная трещиноватость, особенно на платформах, образует четыре системы той же ориентировки, что и разломы (Чарушин, 1965; Каттерфельд и Чарушин, 1970). Идентичную ориентировку имеют элементы контуров мегарельефа Земли: прямые и спрямленные элементы контуров материков (или океанических впадин), простирания осевых линий хребтов и горных цепей и долины крупнейших рек континентов.

Во время великого противостояния Марса в 1877 г. итальянский астроном Дж. Скиапарелли заметил на его поверхности

довольно ровные и правильные темные линии, пересекающие красноватые пространства материков в различных направлениях. Скиапарелли назвал их «каналами».<sup>2</sup> С тех пор многие астрономы наблюдали «каналы» на Марсе, фотографировали их сеть и накапливали морфометрические и количественные сведения о них. К настоящему времени известно более 1000 «ка-

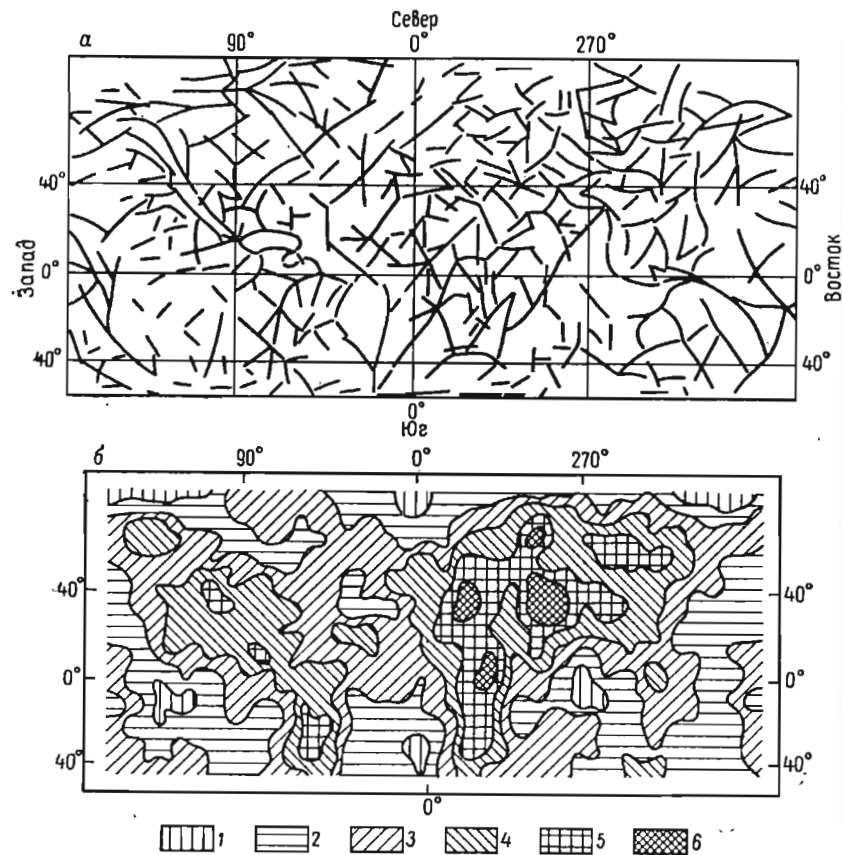


Рис. 2. Сеть глубинных разломов (а) и схема изоклаз (б) Земли.

Места выходов зон разломов показаны линиями (а). Частота разломов выражена в относительных градациях: 1 — (< 1,0); 2 — (1,0—1,6); 3 — (1,6—2,3); 4 — (2,3—3,0); 5 — (3,0—3,6); 6 — (> 3,6).

налов». Все наиболее крупные из них визуально проявляются достаточно отчетливо и могут быть подвергнуты измерениям.

На марсианских «материках» «каналы» выглядят тонкими узкими линиями, в областях «морей» — более широкими и не-

<sup>2</sup> Впервые этот термин был введен в ареографию Анджело Секки (1859), который еще до Скиапарелли открыл на Марсе 13 «каналов». Всего до наблюдений Скиапарелли было известно около 60 этих линейных образований.

сколько расплывчатыми.<sup>3</sup> В длину «каналы» достигают до 3000—4000 км, а некоторые даже до 5000 км, т. е. охватывают на поверхности дугу до 90°. Небольшие «каналы» протягиваются на расстояние не более 300—500 км. Видимая ширина «каналов» от 200 до 300 км.<sup>4</sup> В общем ширина их довольно выдержана. Местами встречаются двойные «каналы», расстояние между которыми колеблется от 150 до 350 км. В одной точке «сходится» по 4—6 «каналов», реже — более. В местах схождения «каналов» находятся небольшие округлые пятна — «оазисы», которые могут быть названы узлами «каналов». Отчетливо «каналы» начинают проступать на марсианской поверхности после развития весеннего тепла и таяния полярных шапок. В 1962 г. Слайфером была опубликована наиболее полная и совершенная фотокарта Марса, явившаяся результатом сведения десятков тысяч фотоснимков, с исключением помех, возникающих при фотографировании и с устранением сомнительных элементов. Своеобразная квинтэссенция обширного фотографического материала позволила Слайферу создать наиболее полную фотокарту поверхности Марса, на которой отчетливо выделяется сеть «каналов».

Уже давно исследователи обратили внимание на геометрическую правильность «каналов» Марса. Попытки выявления их систем в прошлом предпринимались некоторыми исследователями. Первым это сделал Е. Н. Пермяков, построив диаграмму простираения «каналов» Марса на основе наиболее ранней визуальной карты Тремплера.<sup>5</sup> В 1952 г. Г. Н. Каттерфельд, также используя карту Тремплера, построил и в 1959 г. впервые опубликовал полярную диаграмму — розу «каналов» Марса. Через 15 лет (в 1967 г.) диаграмма простираений марсианских каналов была построена Г. В. Чарушиным по данным карты Слайфера. Суждения о важнейших простираениях линейных элементов на поверхности Марса, более мелких, чем «каналы», дает диаграмма Каттерфельда (1969), построенная им на основе дешифрирования телефотоснимков «Maginer IV».

Наиболее полной и детальной для сравнительно-геологического и статистического анализа «каналов» Марса является фотокарта Слайфера (1962). Нами была предпринята статистическая обработка наиболее четко выраженных крупных элементов сети «каналов» (рис. 3, 4) на территории, ограниченной 75° с. ш. и 55° ю. ш. и составляющей 92% от всей поверхности планеты. Данные об ориентировках и параметрах «каналов»

<sup>3</sup> Напомним, что под «материками» имеются в виду светлые области марсианской поверхности, а «морями» называют темные участки.

<sup>4</sup> Вполне вероятно, что истинная ширина «каналов» несколько меньше, а видимая ширина обусловлена экзо- и эндогенными процессами и вызванными ими изменениями, захватившими прилегающие к «каналам» полосы.

<sup>5</sup> Согласно устному сообщению Е. Н. Пермякова, эта работа была выполнена им еще в 1948 г.

Марса приведены в табл. 2. Ориентировка основных систем «каналов» оказывается совпадающей или близкой с ориентировкой основных систем глубинных разломов Земли. В сети «каналов» Марса выделяются четыре основные системы: суб-

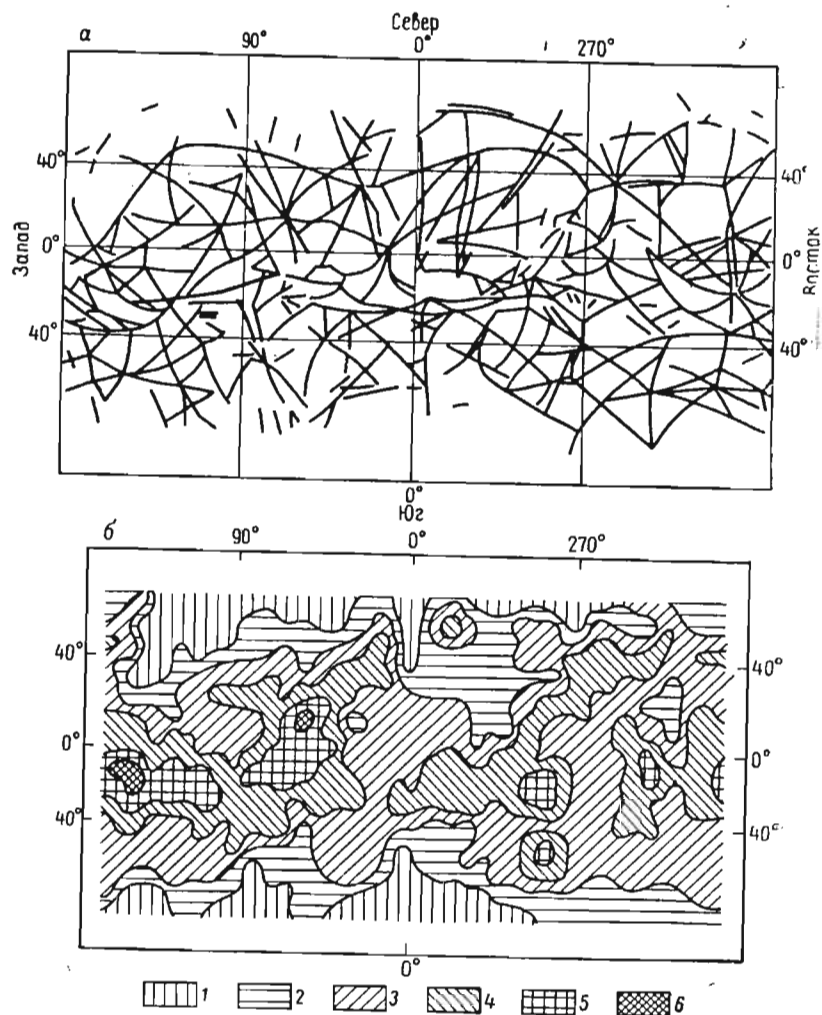


Рис. 3. Сеть «каналов» Марса (а) и схема площадного изменения частоты «каналов» (б), построенная по принципу схем изоклаз.

Составлено на основе фотокарты Слайфера. Местоположения «каналов» показаны линиями.

меридиональная, субширотная, северо-западная и северо-восточная. Как и для сети разломов Земли, в сети «каналов» Марса проявляются и другие системы, но они не являются столь общими и повсеместными. Количественно выделяются и

обладают широкой азимутальной дисперсией «каналы» северо-восточные и субширотные. Эта общая тенденция и способность к группировке «каналов» в основных четырех планетарных направлениях проявляется в результате статистической обработки сведений разных исследователей независимо от того, когда и на каких материалах производились статистические обобщения (Каттерфельд, 1959, 1969; Чарушин, 1968; Wells, 1969, и др.).

Анализ данных о «каналах» разной длины привел к выявлению гиперболической функциональной зависимости между линейными размерами и количеством каналов определенной длины. Необходимо также еще раз упомянуть о присутствии двой-

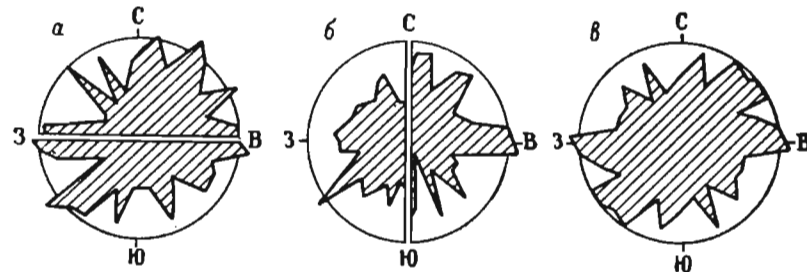


Рис. 4. Диаграммы простираций «каналов» Марса.

а — для северного и южного полушарий; б — для западного и восточного полушарий; в — сводная.

ных параллельных друг другу «каналов», расстояние между которыми уже указывалось. Чаще двойные «каналы» можно видеть в северо-восточном и юго-восточном квадрантах Марса. Структурное положение двойных «каналов» различное. На поверхности Марса наблюдаются чрезвычайно большой протяженности, до 5000 км, «каналы», которые скорее всего состоят из последовательно расположенных более коротких «каналов». Некоторые из этих протяженных «каналов» пересекают территорию двух смежных квадрантов, причем их ориентировка изменяется при переходе из одного квадранта в другой. Такие ассоциации последовательно соединенных друг с другом «каналов» являются поясными. Поясное расположение «каналов» особенно характерно для умеренных широт, где на фотокарте Слайфера кончаются области светлых пятен. «Каналы» разделяют поверхность Марса на многоугольники с различным поперечником. Наибольшие из этих многоугольных блоков достигают в поперечнике 1500—2000 км, наименьшие 500—600 км. Для воссоздания картины непрерывного количественного изменения «каналов» Марса была построена схема (см. рис. 3) по тому же принципу, что и схема изоклаз разломов Земли. Участки с максимальной насыщенностью «каналами» располагаются в областях светлых пятен — материковых регионов — и частично



попадают на темные экваториальные участки, расположенные между обширными областями светлых пятен.

По многим внешним основным признакам «каналы» Марса очень сходны с глубинными разломами Земли. Как среди тех, так и среди других преобладают довольно узкие и прямолинейные формы. Изогнутые формы встречаются значительно реже, и они более свойственны поясовому расположению этих планетарных элементов. Сообразны размерам планет и линейные величины зон разломов и зон «каналов». Максимальные линейные размеры глубинных разломов, точнее их поясов, не превосходят 10 000 км, в то время как пояса «каналов» и наиболее крупные их представители достигают в длину 5000 км. Примечательно то, что для каждой планеты эта максимальная длина составляет по дуге 90°. По-видимому, узкие зоны разрывов большей дуговой протяженности возникнуть не могут. Сходна сообразно масштабам разломов и «каналов» и их ширина, значения которой уже приводились. Выдерживаются соотношения расстояний между двойными зонами разломов и двойными «каналами» и не только соотношения в расстояниях, но и пространственно-структурные взаимоотношения. Было отмечено, что двойные разломы и двойные «каналы» располагаются больше в пограничных переходных зонах между материковыми областями и океаническими (морскими) регионами.

Рисунок сети разломов Земли и сети «каналов» Марса в общих геометрических чертах весьма сходен. Сходны формы блоков, их геометрия, соотношения размеров поперечников блоков для каждой планеты, хотя размеры мегаблоков на Земле больше в полтора-два раза, чем на Марсе. Устанавливается идентичность в пространственной геометрии элементов сети, состоящей из линейных компонентов, каковыми являются разломы и «каналы». Эта идентичность вырисовывается при сопоставлении максимумов их азимутов простираний, выраженных частотой и суммарной длиной (табл. 1, 2). Максимумы основных систем «каналов» Марса находятся в тех же основных четырех градусных диапазонах, что и максимумы систем разломов Земли, а именно в северо-западных, северо-восточных, близмеридиональных и близширотных градусных интервалах. Такая тенденция отчетливо наблюдается при прослеживании положений максимумов простираний и их количественных характеристик по квадрантам полушарий (табл. 1, 2) и, как было показано выше, для полушарий планет и особенно всех суммированных данных. Заметим, что в интервалах максимумов происходит наибольшее накопление сумм длин разломов и «каналов».

Большое сходство выявилось при сопоставлении различных длин «каналов» и разломов (рис. 5). Здесь проявляется одна и та же гиперболическая функциональная зависимость. Формы кривых функций  $q=f(l)$  оказываются одинаковыми и для разломов, и для «каналов» ( $q$  — количество разломов,  $l$  — сумма

длины разломов в километрах в пределах градусного интервала). Общие сходные закономерности проявляются также в площадном распределении частот линейных элементов. Участки, максимально насыщенные «каналами» на Марсе и разломами на Земле, приходится на континентальные области и больше на экваториальные и субэкваториальные зоны. Причем изменения

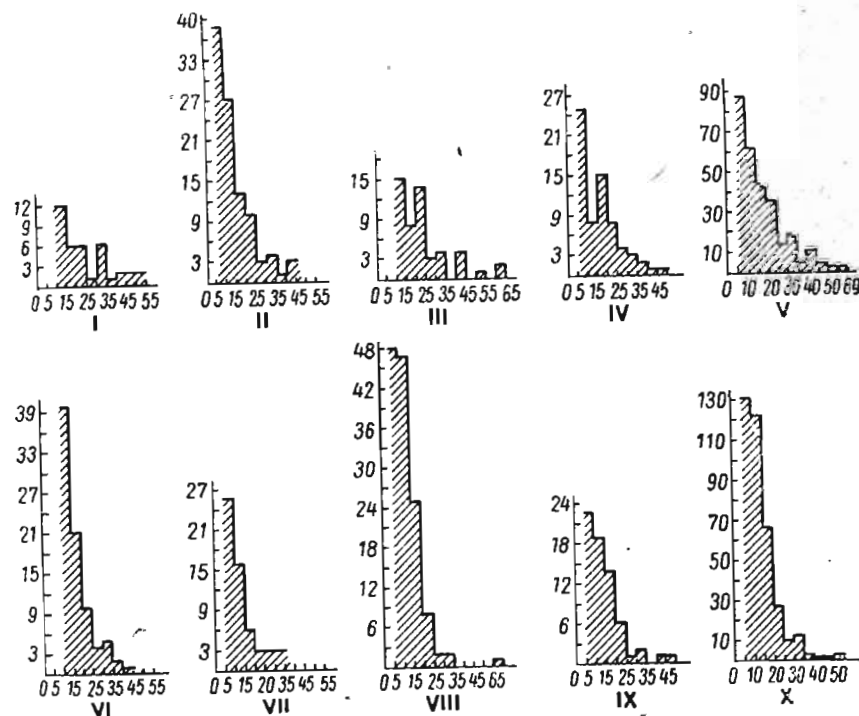


Рис. 5. Гистограммы длин «каналов» Марса и разломов Земли.

Для Марса: I — северо-западного квадранта; II — юго-западного квадранта; III — северо-восточного квадранта; IV — юго-восточного квадранта; V — сводная по всем квадрантам. Для Земли: VI — северо-западного квадранта; VII — юго-западного квадранта; VIII — северо-восточного квадранта; IX — юго-восточного квадранта; X — сводная по всем квадрантам. По вертикали отложены деления частоты, по горизонтали — интервалы длин «каналов» Марса (одно деление равно 75 км) и разломов Земли (одно деление равно 120 км).

частоты линейных элементов сети в пределах условно выбранной элементарной поверхности планет колеблется в пределах одного и того же порядка от 1—3 до 9—11. Средняя суммарная длина выражается цифрой 2800 км на  $10^6$  км<sup>2</sup> для Земли и 1400—1500 км на  $10^6$  км<sup>2</sup> для Марса. Если учесть, что размеры Земли вдвое больше размеров Марса, то станут понятными соотношения отмеченных параметров. Об остальных признаках сходства упоминалось в процессе отдельного рассмотрения свойств сети разломов Земли и «каналов» Марса. Многочисленные признаки сходства «каналов» Марса с сетью разломов Зем-

ли дают основания считать, что «каналы» Марса представляют собой выходы глубинных разломов на поверхности планеты.

Поскольку размеры Земли почти вдвое больше размеров Марса, вращение этих планет различно, внешние физические условия у поверхности планет также отличаются, то должны существовать и некоторые различия в сети «каналов» Марса и разломов Земли. Прежде всего различия обнаруживаются в их размерах. Разломы Земли почти вдвое длиннее марсианских разломов. Количество планетарных разломов, выраженных на поверхности Марса и получивших отображение на фотокарте Слайфера, также меньше, чем на Земле, что вполне понятно, если вспомнить различные величины поверхностей планет.<sup>6</sup>

На Земле удалось выявить положение 422 планетарных зон разломов, в то время как для поверхности Марса отмечается 296 планетарных разломов. Эти данные относятся не ко всей поверхности той и другой планеты, а к их экваториальным и умеренным зонам, исключая полярные области. На фотокарте Слайфера представлены линейные выходы не всех разломов. Мелкие разломы не получили отражения в силу недостаточной разрешающей фотографической способности наших оптических инструментов. Мелкие разломы, столь хорошо изученные на Земле, даже часто лучше, чем планетарные разломы, пока не могут быть сопоставлены в планетарных масштабах с мелкими расколами Марса.

Если по характеру ориентировки линейных разломных элементов сеть Марса сходна с разломной сетью Земли, то в сочетании этих элементов последняя несколько отличается от первой, поэтому нельзя говорить о полной адекватности узора сети разломов Земли и Марса, что вполне естественно. Было бы неправдоподобно обратное, если бы сеть разломов Марса повторяла узор сети разломов Земли. Разломы Марса образуют несколько больше систем, чем разломы Земли, хотя основные четыре системы для обеих планет одни и те же. Следует отметить и разницу в расположении преобладающих систем разломов. На Марсе ими являются северо-восточная и субширотная, на Земле — северо-западная и субширотная. Количество сходными оказываются только субширотные системы, получившие значительное развитие на обеих планетах.

Для двух пар указанных систем характерна повышенная азимутальная дисперсия, поэтому системы на диаграммах выглядят широкими лучами (см. рис. 1, 4). Если увеличение размеров лучей на диаграмме-розе разломов Марса направлено по часовой стрелке  $315^\circ$  (5,7%)  $\rightarrow$   $336^\circ$  (6,1%)  $\rightarrow$   $13^\circ$  (6,4%)  $\rightarrow$   $35^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $54^\circ$  (7,1%; 6,7%; 7,1%)  $\rightarrow$   $273^\circ$  (7,8%), то эта же тенденция для Земли противоположна. Ее направление против часовой стрелки:  $273^\circ$  (8,3%)  $\rightarrow$   $44^\circ$  (9,2%)  $\rightarrow$   $313^\circ$  (10,0%). Можно

Таблица 1

Системы глубинных разломов Земли

Части земного шара	Азимут простираения системы, град.	Количество разломов, %	Суммарная длина разломов, км
Северо-западный квадрант . . . . .	54	7,9	21420
То же . . . . .	85	9,5	21840
· . . . .	312	9,5	22920
· . . . .	356	6,4	11320
Юго-западный квадрант . . . . .	15	7,6	14060
То же . . . . .	43	9,1	10440
· . . . .	85	9,1	11880
· . . . .	324	10,6	10560
Северо-восточный квадрант . . . . .	2	7,5	19440
То же . . . . .	45	11,2	32520
· . . . .	272	9,4	17760
· . . . .	313	13,1	29400
Юго-восточный квадрант . . . . .	1	10,1	7920
То же . . . . .	33 (43)	10,1 (8,9)	13080 (13600)
· . . . .	85 (273)	10,1 (10,1)	9000 (10680)
· . . . .	324 (335)	5,7 (8,9)	10920 (8520)
Северное полушарие . . . . .	2	5,6	
То же . . . . .	45	9,1	
· . . . .	273	9,1	
· . . . .	112	11,6	
Южное полушарие . . . . .	131	8,1	
То же . . . . .	217 (223)	8,8 (8,8)	
· . . . .	265	9,6	
· . . . .	144	8,1	
Западное полушарие . . . . .	356	6,7	
То же . . . . .	223	7,3	
· . . . .	255	9,4	
· . . . .	325	8,3	
Восточное полушарие . . . . .	2	8,3	
То же . . . . .	44	10,4	
· . . . .	92	9,6	
· . . . .	135	10,9	
Сводные данные . . . . .	2	6,4	
То же . . . . .	44	9,0	
· . . . .	273	8,3	
· . . . .	312	10,0	

Примечание. Сумма замеров 422, в скобках приводятся характеристики систем с близкими и равными параметрами.

<sup>6</sup> Это сопоставление относится к линейным элементам планет.

Таблица 2

## Системы «каналов» Марса

Части глобуса Марса	Азимут простираения систем, град.	Количество «каналов», %	Суммарная длина «каналов», км
Северо-западный квадрант . . . . .	12 (23)	10,6 (10,6)	3825 (2325)
То же . . . . .	54 (65)	8,5 (10,6)	5700 (6375)
» . . . . .	276 (285)	4,3 (4,3)	3750 (4800)
» . . . . .	314	6,4	3375
Юго-западный квадрант . . . . .	5	4,7	4275
То же . . . . .	54	10,4	11100
» . . . . .	85 (75)	7,5 (7,5)	8475 (8400)
» . . . . .	335	5,7	7500
Северо-восточный квадрант . . . . .	3	10,5	12375
То же . . . . .	34 (43)	9,0 (7,5)	11075 (10050)
» . . . . .	83	15,5	7200
» . . . . .	313	7,5	8700
Юго-восточный квадрант . . . . .	15	10,4	7800
То же . . . . .	44	7,8	9375
» . . . . .	274	9,1	8025
» . . . . .	303	5,2	8625
Северное полушарие . . . . .	12	7,1	
То же . . . . .	31 (44)	8,1 (7,1)	
» . . . . .	83 (275)	7,1 (7,1)	
» . . . . .	314	7,1	
Южное полушарие . . . . .	194 (184)	6,1 (4,9)	
То же . . . . .	234	8,2	
» . . . . .	94	8,2	
» . . . . .	156	6,1	
Западное полушарие . . . . .	195	5,2	
То же . . . . .	234	9,8	
» . . . . .	275	6,5	
» . . . . .	334	6,5	
Восточное полушарие . . . . .	3 (14)	7,6 (7,6)	
То же . . . . .	43	7,6	
» . . . . .	94	9,0	
» . . . . .	135	6,2	
Сводные данные . . . . .	4 (13)	5,4 (6,4)	
То же . . . . .	54	7,1	
» . . . . .	274	7,7	
» . . . . .	315	5,7	

Примечание. Сумма замеров 296, в скобках приводятся характеристики систем с близкими или равными параметрами.

было бы предположить, что отмеченные различные по характеру и содержанию азимутальные несоответствия обусловлены количественной неравноценностью исходных данных. Напомним, что для Земли цифра исходных данных составляет 422, а для Марса — 296. Но анализ распределения данных в табл. 1, 2 по квадрантам и полушариям планет этому противоречит. Скорее всего причины проявления различий следует искать в самих свойствах планет: их размерах, угловой скорости вращения, структурно-тектонических различиях и т. д.

Рассмотренные различия носят относительный и непринципиальный характер и не могут сколько-нибудь существенно повлиять на представления, основанные на поразительном и глубоко сходстве сети разломов Земли и «каналов» Марса,

Таблица 3

## Системы линейментов Марса по результатам дешифрирования телефотоснимков «Maginer IV»

Номера листов	Простираение систем линейментов, град.								Сумма замеров
	субширотное		СЗ		субмеридиональное		СВ		
	азимут	%	азимут	%	азимут	%	азимут	%	
3,4	275	6	317	14	354	7	44	14	130
5,6	86	7	327	16	2	7	56	11	112
7,8	273	11	326	13	353	6	46	11	218
9,10	272	9	315	15	355	4	44	13	152
11,12	271	7	315	20	1	3	45	24	136
13,14	270	6	315	29	352	4	45	13	70
15	272	10	313	32	357	8	45	20	50
3—15	273	8	315	17	354	4,5	45	14	868

приводящем к мысли об одинаковой их природе. В структурном отношении разломы Марса, по-видимому, так же, как и разломы Земли, представлены грабенами, рифтовыми долинами и авлакогенами.

Что же нам дают ракетные исследования Марса? Изучение телефотоснимков «Maginer IV, VI, VII», их структурно-тектоническое дешифрирование (советскими и американскими исследователями) привело к выявлению северо-западных, субмеридиональных, северо-восточных и субширотных систем крупных трещин и мелких разломов (табл. 3 и 4). К сожалению, по разным причинам далеко не все телефотоснимки оказываются пригодными для разломного дешифрирования (Leighton et al., 1969). Мелкие разрывы, которые несомненно имеются на поверхности



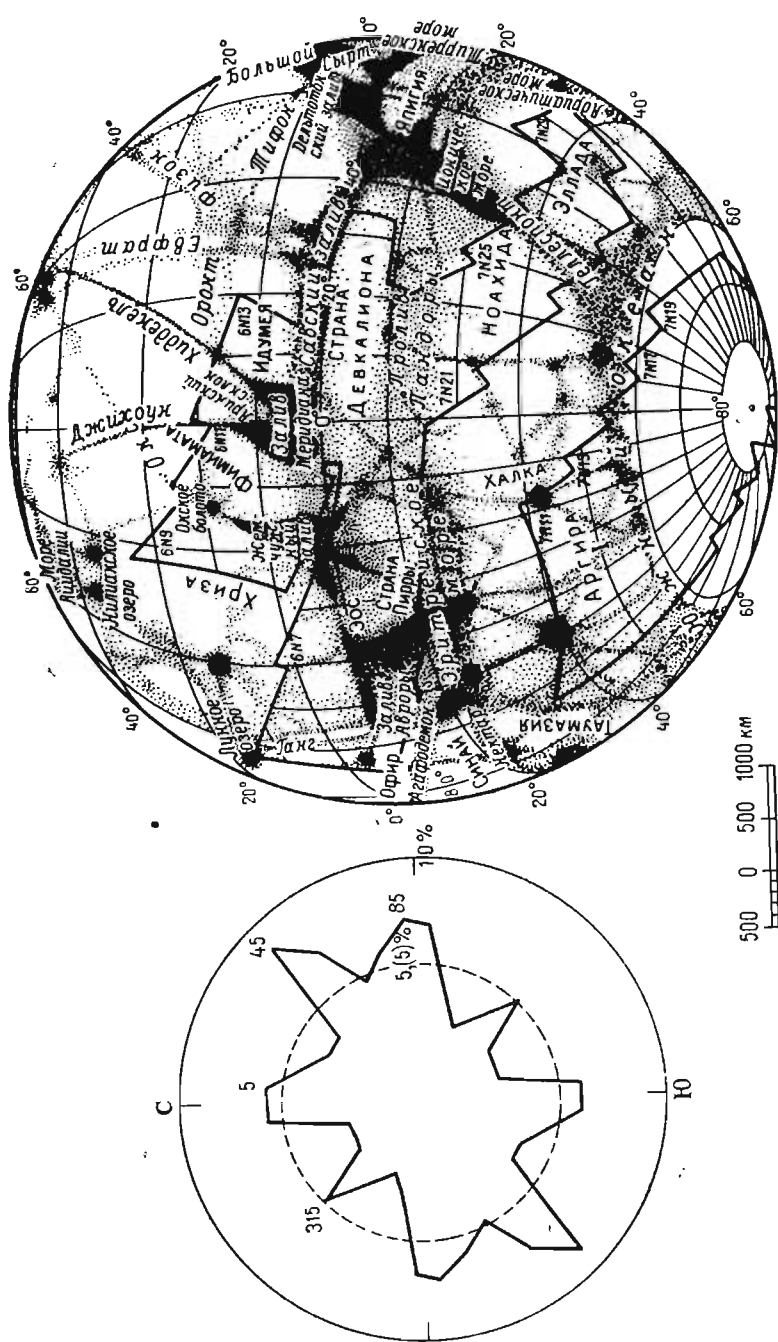


Рис. 7. Диаграмма простирающихся приэкваториальной и субполярной областей Марса. Составлена на основе 919 замеров, полученных в результате дешифрирования телефотоснимков с «Mariner VI» и «Mariner VII». На карте Марса заштрихованы площади дешифрирования (более 10% поверхности планеты), на которых проводились замеры.

идентичности ориентировок. Поэтому телефотоснимки с «Маринеров» скорее подтверждают, чем отрицают, наличие глубинных разломов на Марсе.

Конечно, «каналы» — разломы — Марса могут и не просматриваться с близкого расстояния в силу того, что часть разломных швов трансформирована эндогенными (вулканическими, гидротермальными и гидроареологическими) и экзогенными (выветриванием, золовыми, мерзлотно-криогенными и гравитационно-делювиальными) процессами. В таком случае экзогенные гипотезы происхождения «каналов» Марса (В. Д. Давыдов, В. Н. Достовалов, П. Джиффорд, Д. Мак-Лафлин и др.) могут быть уложены в рамки разломной гипотезы, если анализировать внешние условия проявления разломов на поверхности Марса.

Идея Г. Н. Каттерфельда (1959) о «каналах» как тектонических долинах, возникающих вдоль глубинных разломов Марса, находит подтверждение и в результатах радиолокационных исследований Дж. Петтенгилла и других американских радиоастрономов. А. Байндер (Binder, 1969) показал, что «каналы» Орк, Стикс, Цербер, Астусан, Астабор, Физон, Евфрат, Церауний, Юноний, Пирифлегетон, Тамир, Бронтес, Титан и другие действительно представляют собой линейные депрессии глубиной до 3—5 км, имеющие преимущественно диагональные и меридиональные ориентировки. В своем анализе Байндер опирался на новейшие данные радиопересечения поверхности Марса, полученного группой радиоастрономов во главе с Дж. Петтенгиллом (Pettengill, Counselman, Rainville, Shapiro, 1969).

Анализ снимков с «Маринеров» показывает, что такие «каналы», как Эребус, Орк, Аверн, Тартар, ЮЗ Горгон, Каралис, Оронт, Истр, Ямуна, Агафодемон, Танаис, Нилосырт, Южный, Незаметный, совпадают с линейно ориентированными тектоническими нарушениями и разломами; Ганг, Кантабр, Джихоун, Хиддекель, Аргиропор, Аргус, Пролив Януса, Меридиональный и Северо-Восточный (в области Аргира I), Короткий — с цепочками кратеров с темным дном; Борей, Гадес, Нектар, Пролив Нерейд — с цепочками темных пятен неправильной формы. Некоторые «каналы» (например, Джихоун и Ганг) располагаются на границах светлых и полутемных областей.

Итак, «каналы» Марса скорее всего должны быть трассированными на поверхности планеты естественными образованиями типа глубинных разломов. Разломная гипотеза «каналов» Марса в своем арсенале имеет наиболее убедительные и разносторонние доводы и доказательства, и аргументы многих других гипотез могут быть вполне уложены в рамки разломной гипотезы. В настоящее время она наиболее предпочтительна и планетологически наиболее достоверна.

## ЛИТЕРАТУРА

- Каттерфельд Г. Н. 1959. Изв. ВГО, **91**, 3, стр. 272—283. Изд. АН СССР.
- Каттерфельд Г. Н. 1966. В кн.: Литература по проблемам планетологии, 1665—1964, раздел ареологии. ВГО.
- Каттерфельд Г. Н. 1969. Вестник ЛГУ, **18**, стр. 101—119.
- Каттерфельд Г. Н., Г. В. Чарушин. 1970. Геотектоника, **6**, стр. 3—12.
- Косыгин Ю. А. 1969. Тектоника. «Недра».
- Пейве А. В. 1960. В сб.: Структура земной коры и деформации горных пород. МГК, XXI сессия. Доклады советских геологов. Проблема 18. Изд. АН СССР, стр. 65—72.
- Ходак Ю. А. 1969. Изв. АН СССР, сер. геол., **1**, стр. 31—44. Изд. АН СССР.
- Чарушин Г. В. 1965. V Совещание по проблемам планетологии. Изд. ВГО, стр. 74—76.
- Чарушин Г. В. 1968. VI Совещание по проблемам планетологии. Изд. ВГО, стр. 192—195.
- Шульц С. С. 1966. Геотектоника, **2**, стр. 36—42.
- Binder A. B. 1969. "Icarus", vol. **11**, 1, pp. 24—35.
- Leighton R. B., N. H. Horowitz, B. C. Murray, R. P. Sharp, A. H. Herriman, A. T. Young, B. A. Smith, M. E. Davies, C. B. Leovy. 1969. "Science", vol. **166**, 3901, pp. 49—67.
- Miyamoto S. 1961. "Contribution Inst. Astrophys. and Kwasan Observatory, University of Kyoto", **106**, pp. 1—6; "The Strolling Astronomer", **15**, 1—2, pp. 23—26, Edinburg, Texas, USA.
- Miyamoto S. 1956. "Icarus", vol. **5**, 4, pp. 360—374.
- Pettengill G. H., C. C. Counselman, L. P. Rainville and J. J. Shapiro. 1969. "Astron. J.", vol. **74**, pp. 461—482.
- Slipher E. C. 1962. "The photographic story of Mars". Northland Press, Flagstaff, Arizona.
- Wells R. A. 1969. "Geophys. J. Roy. Astr. Soc.", vol. **17**, pp. 209—224.
- Wells R. A. 1969. "Geophys. J. Roy. Astr. Soc.", vol. **18**, pp. 109—128.

В. П. МИРОШНИЧЕНКО

### ЗНАЧЕНИЕ ПЛАНЕТАРНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЧЕРТ ТЕКТониКИ И РЕЛЬЕФА КОПЕТДАГА

Развитие современной геологии тесно связано с исследованиями морфологии и происхождения рельефа земной поверхности. Изучение планетарной трещиноватости дает очень большой материал для решения этой проблемы. Но, с другой стороны, правильное представление о закономерностях формирования рельефа, особенно полученное с помощью дешифрирования аэро снимков, является наиболее верным путем к познанию как собственно планетарной трещиноватости, так и обусловленных ею некоторых особенностей тектоники.

Согласно общеизвестной классификации рельефа Земли, предложенной И. П. Герасимовым (1946, 1959), И. П. Герасимовым и Ю. А. Мещеряковым (1964), рельеф Копетдага в целом как морфоструктуры первого порядка надо представить состоящим из морфоструктур более низких порядков, осложненных с поверхности многочисленными мелкими морфоскульптурными формами. Если первые из них развиваются при неравнозначном взаимодействии эндогенных (имеют ведущую роль) и экзогенных процессов, то вторые (преимущественно мелкие формы рельефа) образуются в результате деятельности экзогенных процессов. Таким образом, физиономические черты морфоструктур выражаются морфоскульптурными формами. Их характер, как вытекает из данной классификации, определяется только дифференциацией общего фона экзогенной деятельности по той или иной степени ее напряженности. Подстилающий субстрат в этом смысле пассивен и имеет уже подчиненное значение.

Формы рельефа, о которых ниже пойдет речь и которые обычно относятся к морфоскульптурным, являются, однако, результатом отчетливо выраженного сопряжения экзогенных процессов как с литолого-петрографическими подразделениями разреза напластований, так в особенности с различными системами планетарной трещиноватости. Трещины определяют направленность, степень и характер дифференциации экзогенной деятельности, важные особенности развития рельефа и некоторые др. Возникающий при этом рельеф является следствием экзогенной препарировки разноформенных и разноразмерных отдельностей, ограниченных трещинами, подошвой, кровлей литолого-петрографических и литолого-стратиграфических подразделений и занимающих разное пространственное положение в денудированной складчатой структуре. Обычно это пластово-рядовой или пластово-останцовый рельеф с характерными геометрически правильными морфологическими чертами. Он имеет в Копетдаге, как и во всех других горных областях нашей планеты, со складчатым основанием и гетерогенным разрезом напластований, наибольшее распространение. Указанные формы развиваются на любой денудированной складчатой структуре — морфоструктуре. Строго выраженные, закономерно повторяющиеся черты морфологии и территориальной локализации их определенных типов связаны с повсеместно наблюдающейся в Копетдаге трещиноватостью, которая по ряду признаков ей признаков должна относиться к «общей» или «планетарной», нетектонической по своему происхождению. Согласно современным представлениям (Шульц, 19646, 1965), она обусловлена причинами общепланетарного, а не локального характера и возникает в определенный момент литификации осадка под влиянием ротационных сил планеты.

Если связать происхождение этих форм рельефа с указанной трещиноватостью, то в его основе лежит тот же структурный

фактор, и в этом случае имеющий также ведущее значение. Возникающие формы рельефа являются такими же структурными, как и морфоструктуры, на которых они развиваются. Следует вообще сказать, что морфологическая концепция упомянутых выше авторов, играющая столь важную роль в современных представлениях об основных категориях рельефа земли (геотекстура, морфоструктура, морфоскульптура), их взаимной соподчиненности и отношении к геологическому субстрату, может быть значительно усовершенствована, если в ее разработке необходимое внимание будет в дальнейшем уделено вопросам планетарной трещиноватости. Производившиеся исследования позволили также выявить важную роль данной трещиноватости в образовании некоторых основных черт региональной структуры этой горной области.

Надо отметить, что В. В. Белоусов (1962), касаясь вопроса о происхождении общей трещиноватости, считает его еще нерешенным, хотя и противопоставляет ее заведомо тектонической трещиноватости. Действительно в изучении планетарной трещиноватости много нерешенных задач. Мало изучены закономерности развития трещин, секущих пакки литологически различных слоев, хотя это и является, как указывает С. С. Шульц (1965а), одной из основных целей исследования данной проблемы. Еще недостаточно известна связь между тектонической и планетарной трещиноватостью, роль последней в формировании рельефа горных областей. Мало разработана методика изучения планетарной трещиноватости особенно с применением материалов аэрофотосъемки. В последнее же время возникла проблема изучения проявлений макропланетарной трещиноватости по снимкам из космоса и т. п. Решение этих задач насущно необходимо, так как открывает новые большие возможности для понимания строения недр и лика Земли.

### Рельеф Копетдага и планетарная трещиноватость

В рельефе, развивающемся на складчатых структурах с гетерогенным разрезом напластований, автором в свое время были выделены формы с отчетливо выраженными геоструктурными связями. Было показано, что на каждой денудированной складке они образуют 2 или 3 яруса, представленные пластово-останцовыми, пластово-треугольными и пластово-барьерными типами рельефа, формирующимися соответственно в сводовых частях и на крыльях складчатых структур (рис. 1, 2, 3). Геоструктурные формы по простиранию напластований, вследствие изменения угла их наклона, образуют определенные варианты — тектоморфогенные варианты рельефа, являющиеся природными индикаторами элементов залегания слоев, характера и типа складчатых структур, поведения их крыльев и т. п. (Мирошниченко, 1940, 1942, 1946 и др.). Установление этих форм релье-

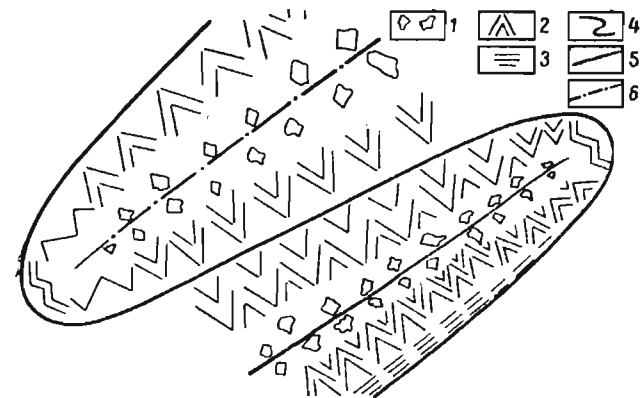


Рис. 1. Основные ярусы развития геоструктурного рельефа на денудированном складчатом основании с гетерогенным разрезом напластований.

1 — пластово-останцовый рельеф; 2 — пластово-треугольный рельеф; 3 — пластово-барьерный рельеф; 4 — контуры денудированного складчатого основания; 5 — ось антиклинали; 6 — ось синклинали.



Рис. 2. Пластово-останцовый и пластово-треугольный ярусы геоструктурного рельефа на денудированной антиклинали.

На врезке видна связь пластово-треугольной формы рельефа с двумя системами планетарных трещин 1-1, 2-2.

фа позволило впервые поставить задачу и обосновать применение фотограмметрических методов для измерения морфологии геологических структур по аэрофотоснимкам. Надо особо подчеркнуть, что эти формы, как показали последующие исследования, оказались связаны не только со складчатыми структурами, но и с системами планетарных трещин, вследствие чего являются природными индикаторами и последних.

Аналогичные формы, как упомянуто выше, были определены И. П. Герасимовым (1946, 1959 и др.) как морфоскульптур-

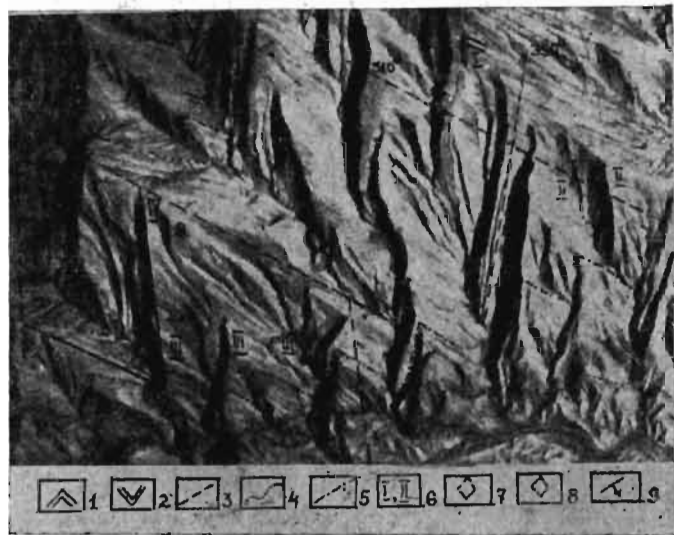


Рис. 3. Аэрофотонизображение геоструктурного рельефа на гетерогенной, наклонно залегающей толще напластований.

1 — водоразделы; 2 — впадины; 3 — ориентировка планетарной трещиноватости в песчаных слоистых известняках апта; 4 — граница между аптскими и сеноманскими отложениями; 5 — границы между литолого-стратиграфическими подразделениями апта; 6 — разноразмерные категории геоструктурного рельефа; 7 — контуры эродированного пластового ромбоэдра; а, б — верхняя и нижняя половины; 8 — контуры эродированного пластового ромбоэдра; а, б — верхняя и нижняя половины; 9 — направление падения напластований.

ные, развивающиеся на морфоструктурах. Этот термин и вкладываемое в него понятие широко используются в нашей литературе, хотя и не отражают существа происхождения данного рельефа в вышеназванных условиях.

Для пояснения сказанного остановимся на одном из типичных участков юго-восточных склонов Малого Балхана (см. рис. 3), развития пластово-треугольного типа, который согласно И. П. Герасимову и Ю. А. Мещерякову должен быть отнесен к морфоскульптурному. Для понимания его происхождения и развития надо иметь в виду сочетание различных систем пла-

старных трещин, определяющее его основные морфологические черты. На данном участке выделяются две их основные системы. Каждая из них состоит из множества параллельных трещин разной глубины заложения, но простирающихся в одних и тех же направлениях — СЗ  $310^\circ$  и ССЗ  $350^\circ$ .<sup>1</sup> Пересечения трещин образуют ромбоидальные отдельные, в определении автора «пластовые ромбоэдры» (рис. 4). Реже встречаются отдельные и другой геометрической формы (см. ниже). Трещины секут аптские отложения, представленные на участке тремя литолого-стратиграфическими подразделениями (нижнее из них А сложено глинистыми песчаниками; среднее Б — песчанистыми слоистыми известняками; верхнее В — рыхлыми пе-

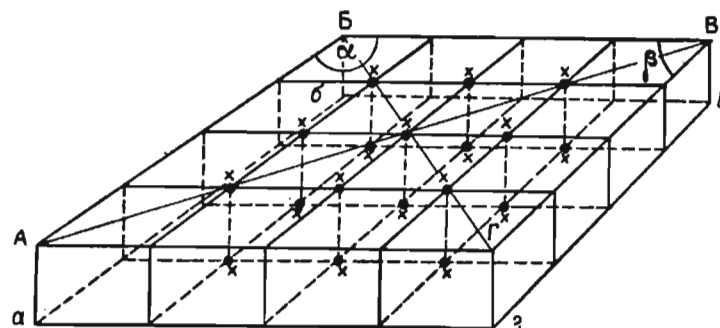


Рис. 4. Схема пластового ромбоэдра.

счаниками, несогласно перекрывающимися сеноманскими глинами, контакт которых с аптом здесь хорошо выражен в ландшафте).

Параллельность трещин одного и другого направления весьма выдержана и сохраняется как на всем участке, изображенном на рис. 2, так и за его пределами. Расстояния между трещинами, еще заметно выраженными в ландшафте, колеблются в интервале от 10 до 20 м. Эти трещины хорошо развиты в среднем литолого-стратиграфическом подразделении апта В. Они не прослеживаются в нижнюю его часть — В, не наблюдаются в верхнем подразделении — А, а также и в сеномане.

Отметим здесь, что в каждом пластовом ромбоэдре нами различаются следующие основные элементы (см. рис. 4): 1) верхняя и нижняя грани, соответствующие кровле и подошве слоя; 2) боковые грани, являющиеся поверхностями соприкосновения соседних пластовых ромбоэдров, относящихся к одному и тому же петрографо-литологическому подразделению; 3) АВ и БГ,

<sup>1</sup> Получению отчетливого аэрофотонизображения трещин предшествовал специальный выбор природных и технических условий аэрофотосъемки.



являющиеся длинной и короткой осями пластового ромбоэдра; 4)  $\alpha$  и  $\beta$  — углы между гранями пластовых ромбоэдров; 5)  $x$ — $x$  — оси схода соседних пластовых ромбоэдров. При этом различаются оси схода пластовых ромбоэдров, соседствующих по простиранию и падению напластований.

Рельеф юго-западных склонов М. Балхана, очень типичный для горных районов Туркмении, выражен чередованием консеквентных, V-образных врезов и водоразделов аналогичного же, но как бы обращенного сечения (см. рис. 3). Любой водораздел и ограничивающие его врез характеризуются W-образным сечением, которое, как следует из наблюдений, определяется ромбоидальной сеткой планетарных трещин, разделяющей пласты на пластово-ромбоидальные отдельности.

Указанные выше элементы пластовых ромбоэдров, отчетливо выраженные в морфологическом облике рельефа юго-восточных склонов М. Балхана имеют основное значение в формировании его элементарных форм. В геологическом отношении любой водораздел состоит из набора верхних половин пластовых ромбоэдров. Соответственный набор их нижних половин составляет необнаженное основание каждого из водоразделов.

Склоны водоразделов формируются по достаточно раскрытым трещинам одного и другого направлений, проходя по граням пластовых ромбоэдров. Продольная протяженность каждого из этих склонов соответствует глубине проникновения трещин, а поперечная — обнаженным частям граней пластовых ромбоэдров. Таким образом, каждый из подобных участков любого водораздела может быть определен как место обнажения части литолого-стратиграфического подразделения ограниченной планетарными трещинами сложной слоистой отдельности, состоящей из определенного количества пластовых ромбоэдров того или иного литолого-петрографического состава.

Линии водоразделов (см. рис. 3) следуют вдоль осей схода верхних половин пластовых ромбоэдров, соседствующих по падению напластований. Они соответствуют водораздельным вершинам «пластовых треугольников» как эти элементарные формы рельефа были названы автором ранее (Мирошниченко, 1940, 1942, 1947 и др.).

Так как система отдельностей ромбоидальная, то под любым водоразделом трещины двух указанных направлений пересекутся в противоположном направлении, как это наблюдается в прилегающих V-образных врезях. Указанные обстоятельства позволяют уточнить понятие о пластовых треугольниках, представляющих, как теперь ясно, результат экзогенной препарировки ромбоидальных пластовых отдельностей в наклонно залегающей гетерогенной толще напластований. На каждом водоразделе любой пластовый треугольник является верхней половиной ромбоидальной пластовой отдельности. Нижняя ее половина всегда находится под водоразделом.

В отличие от водоразделов основные врезы формируются в пределах нижних половин пластово-ромбоидальных отдельностей. Тальвеги оврагов также проходят вдоль осей схода пластовых ромбоэдров, соседствующих по простиранию напла-

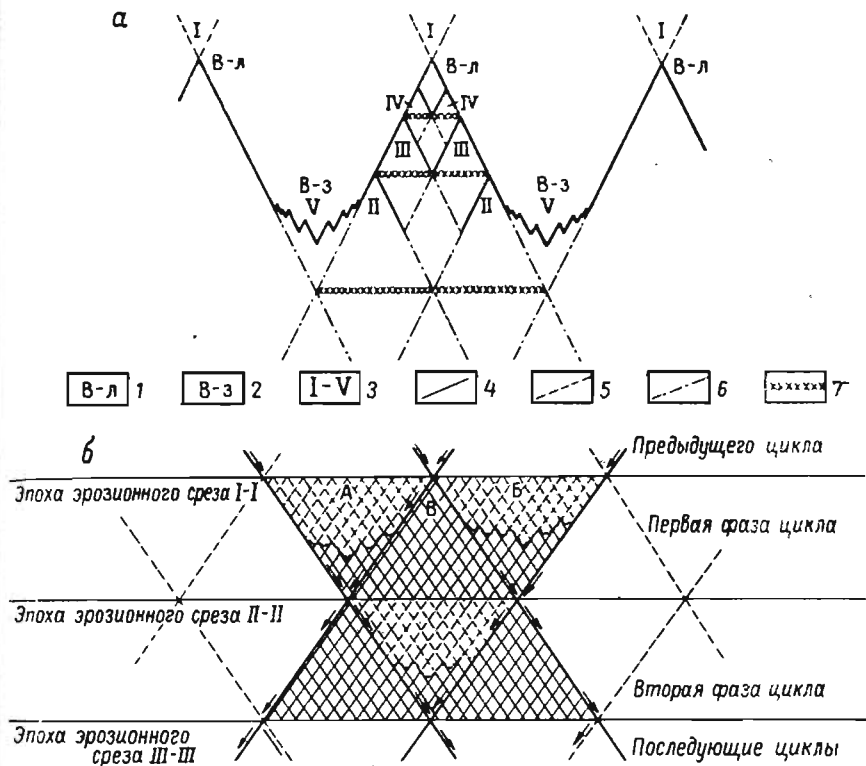


Рис. 5. Элементы морфологии и развития геоструктурного рельефа.

а — общая схема морфологии геоструктурного рельефа и его различных категорий, формирующихся на разновеликих пластовых отдельностях, обусловленных системами планетарной трещиноватости разной степени частоты и проникновения: 1 — водоразделы на верхних половинах пластовых ромбоэдров; 2 — врезы в нижних половинах пластовых ромбоэдров; 3 — разновеликие формы геоструктурного рельефа: I — образующиеся на пластовых ромбоэдрах с гранями длиной до 500—600 м; II — образующиеся на пластовых ромбоэдрах с гранями длиной до 250—300 м; III — образующиеся на пластовых ромбоэдрах с гранями длиной до 125—150 м; IV — более низких категорий, образующиеся на мелких пластовых ромбоэдрах; А — контуры частей пластовых ромбоэдров, выраженных на поверхности в современную фазу развития геоструктурного рельефа; Б — контуры частей пластовых ромбоэдров предыдущей фазы развития геоструктурного рельефа; 5 — контуры частей пластовых ромбоэдров, еще не вскрытых эрозией; 7 — линии инверсионного раздела пластовых ромбоэдров на полуромбоэдры.

б — ромбические ритмоциклы развития геоструктурного рельефа на гетерогенной, наклонно залегающей толще напластований.

стований. Их склоны определяются положением граней пластовых ромбоэдров и величиной углов  $\alpha$  и  $\beta$ . Все указанные элементы особенно хорошо выражены в морфологии крупных врезов, в которых часто наблюдаются остатки нижних половин пла-

стовых ромбоэдров той или иной эродируемой литолого-стратиграфической отдельности (рис. 5а).

Из сказанного следует, что образование рельефа, подобного изображенному на рис. 6, обязано не расположению элементов стока, а обусловлено эрозионной препарировкой литолого-стратиграфических отдельностей и составляющих их пластовых ромбоэдров. При этом деятельность эрозии, ее направленность и глубина определяются системой трещин, ограничивающих литолого-стратиграфические и литолого-петрографические отдельности (пластовые ромбоэдры). С частями слоя, ограниченными



Рис. 6. Развитие геоструктурного рельефа в аптских отложениях во вторую фазу ромбического ритмоцикла.

1 — крупные водоразделы на верхних половинах литолого-стратиграфических блоков первой категории; 2 — крупные врезы со сложнорасчлененными остатками нижней половины литолого-стратиграфического блока первой категории; 3 — ориентировка планетарных трещин в барреме; 4 — крупная планетарная трещина, пересекающая слои баррема и апта с более поздними ее смещениями на участке А—Б по направлениям мелких планетарных трещин.

планетарными трещинами, связаны элементарные формы геоструктурного рельефа. Более крупные его формы, представляющие значительные части водоразделов, развиваются на ромбоидальных литолого-стратиграфических отдельностях.

Каждый пластовый ромбоэдр является сложным образованием. Он состоит из множества таких же ромбоэдров разных категорий крутиности. При выветривании обнажающиеся участки слоя рассыпаются на эти отдельности. Так называемый обломочный материал в основном состоит из отдельностей, окаймленных в той или иной степени. Следует отметить, что чем крупнее отдельности, тем меньше они связаны между собою, так как

разделяющие их трещины имеют большее раскрытие. Чем они мельче, тем теснее сближены между собой их грани и прочнее данный участок слоя. В пределах участка, изображенного на рис. 3, выделено несколько основных категорий пластово-треугольного рельефа I, II, III, IV. Их образование связано с одними и теми же системами трещин, но с различными по величине литолого-стратиграфическими отдельностями.

К первой категории относятся формы, у которых длина граней пластовых ромбоэдров достигает 500—600 м. Их представляют самые крупные водоразделы и врезы. Планетарные трещины, ограничивающие эти отдельности, пересекают все литолого-стратиграфические подразделения апта, но не прослеживаются в сеноман. В некоторых вариациях они наблюдаются в подстилающей толще баррема и даже выходят за ее пределы. Остальные упомянутые категории составляют формы рельефа, образующиеся на литолого-стратиграфических отдельностях, в которых длина граней пластовых ромбоэдров соответственно равняется 250—300, 125—150 и 75—100 м. Таким образом, при относительно большом количестве трещин может быть выделено только четыре категории ограничиваемых ими отдельностей, находящихся заметное выражение в рельефе и морфологически аналогичных друг другу. Эти трещины обычно достаточно открыты и легко прослеживаются на глубину. Однако трещины II, III, IV и, конечно, трещины еще более мелких категорий не выходят за пределы аптских отложений, а заканчиваются внутри них, ограничивая пластовые ромбоэдры и отдельности определенных литолого-стратиграфических подразделений. Так, например, трещины IV категории не устанавливаются ни в нижнем, ни в верхнем литолого-стратиграфическом подразделении апта (см. рис. 3). Общая схема развития и соотношения указанных категорий рельефа и соответствующих им литолого-стратиграфических отдельностей дана на рис. 5, представляющим собою поперечный разрез через водораздел и сопряженные с ним врезы. Как видно, поверхность водораздела, совпадающая с крупным ромбоэдром, делится в свою очередь на более мелкие категории, подчиняясь ромбоэдрическим очертаниям литолого-стратиграфических отдельностей — «канону ромбоэдра», которому следует также расположение и направленность системы эрозионных врезов.

Пластово-ромбоидальная система отдельностей обуславливает дифференцированный характер деятельности экзогенных процессов. Как можно заключить, в пределах пластово-треугольного яруса любой денудированной складки (морфоструктуры) они протекают двумя постоянно чередующимися между собой фазами (см. рис. 5б). Когда эрозионный срез проходит вначале на уровне I—I, а затем на уровне II—II, отношение планетарных трещин к экзогенной деятельности в верхних и нижних половинах пластовых ромбоэдров диаметрально различно. В

эпоху I—I обнажаются нижние половины ромбоэдров А, Б. В это время они более открыты для энергичного проникновения экзогенных процессов. Трещины, расположенные как бы в торец к воздействию экзогенных процессов, весьма этому способствуют.

В то же время верхняя половина пластового ромбоэдра В только начинает подвергаться размыву, для которого расположение трещин не благоприятно. По отношению к экзогенному воздействию ромбоэдр в этом случае является «закрытым».

Поэтому на месте нижних половин ромбоэдров А, Б возникнут V-образные врезы, а на верхней половине ромбоэдра В — водоразделы.

В эпоху среза II—II эрозивная деятельность даст противоположный результат. Там, где в первую фазу располагались водоразделы, во вторую — возникнут врезы. В эпоху III—III эрозивный срез подойдет к положению, аналогичному тому, что было в начале эпохи I—I. За время трех указанных эпох проходит двухфазовый — ромбический — ритмоцикл (в определении автора) развития рельефа. Из цепи таких противоположных, но ритмично повторяющихся циклов складывается развитие рельефа склонов растущей и расширяющейся морфоструктуры.

Строгая ритмика упомянутых циклов и составляющих их фаз указывает на то, что характер экзогенной деятельности, ее поведение в пространстве и времени обусловлены ростом и расширением

складок и расположением планетарных трещин. В рамках пластовых ромбоэдров, в хронологически соседних фазах ромбического ритмоцикла она направлена различно (см. рис. 5б, 6). Поэтому от фазы к фазе врезы попеременно смещаются то влево, то вправо, вызывая инверсию геоструктурного рельефа. Амплитуда этого смещения определяется расстоянием

между осями схода пластовых ромбоэдров, соседствующих по простиранию напластований.

Как следует из наших наблюдений, эрозионные врезы и водоразделы в пределах пластово-треугольного яруса морфоструктуры имеют каскадный продольный профиль. При этом вдоль водоразделов встречаются врезы, относящиеся как к первой, так и ко второй фазе деструкции пластовых ромбоэдров. Врезы первой фазы развиваются на крупных водоразделах. Их морфология связана с мелкими, обнажающимися в их пределах, литолого-стратиграфическими отдельностями 1, 2, 3, 4 (рис. 7).

Врезы второй фазы деструкции пластовых ромбоэдров развиваются между основными водоразделами. Их морфология отражает очень полно всю внутреннюю структуру пересекаемых ими литолого-стратиграфических отдельностей, поскольку, как отмечалось выше, здесь особенно глубоко проникновение экзогенных процессов. Каскадный характер врезов второй фазы обычно выражается определенной системой кляммов, возникающих по их протяжению на границах литолого-стратиграфических подразделений с собственными системами планетарных трещин.

На водоразделах каскадная система связана с литолого-стратиграфическими отдельностями различного состава, сложения и мощности. В пределах яруса пластово-треугольного рельефа денудированной структуры система каскадов выражена как бы подъярусами. Обычно последние отделяются один от другого высокими ступенями, проходящими по кровлям твердых слоев значительной мощности.

Кляммы во врезях и высокие ступени на водоразделах приурочиваются к простиранию одних и тех же слоев, что указывает на обособленный локальный характер развития каждой ступени (подъяруса). В настоящее время еще не совсем ясны связи этого рельефа со складчатой структурой. Возможно, что каскадный профиль яруса связан не только с различиями в составе и сложении литолого-стратиграфических отдельностей, но и с этапами роста и расширения складок. Следует сказать, что наиболее высокие ступени, отделяющие подъярусы в местах наибольшего поднятия шарнира складки. В направлении погружения шарнира они соответственно снижаются, а подъярусы становятся менее выраженными. Древние поверхности выравнивания и высокие террасы обычно расположены на упомянутых подъярусах пластово-треугольного рельефа. Их сохранность и морфология определяются также поведением шарнира складки.

**Геоструктурный рельеф как результат экзогенной препарировки планетарных отдельностей**

Планетарная трещиноватость, будучи первопричиной, сама по себе не оказывает влияния на облик основных морфологических черт рельефа, формирующегося на денудированных антикли-



Рис. 7. Каскадный продольный профиль крупного водораздела, формирующегося на литолого-стратиграфической планетарной отдельности I категории.

На водоразделе видны явления развития и обращения рельефа, связанные с частными фазами ромбических ритмоциклов.

налях и синклиналях. Основное значение здесь имеют отдельности, ограниченные трещинами, экзогенная препарировка которых создает главные его черты. На это указывают основные черты геоструктурного рельефа, развивающегося на любой денудированной складке горных областей южной Туркмении и, в частности, Копетдага. Поскольку важное рельефообразующее значение данных отдельностей несомненно (так же как и геоморфология соответствующих форм рельефа), то, по-видимому,

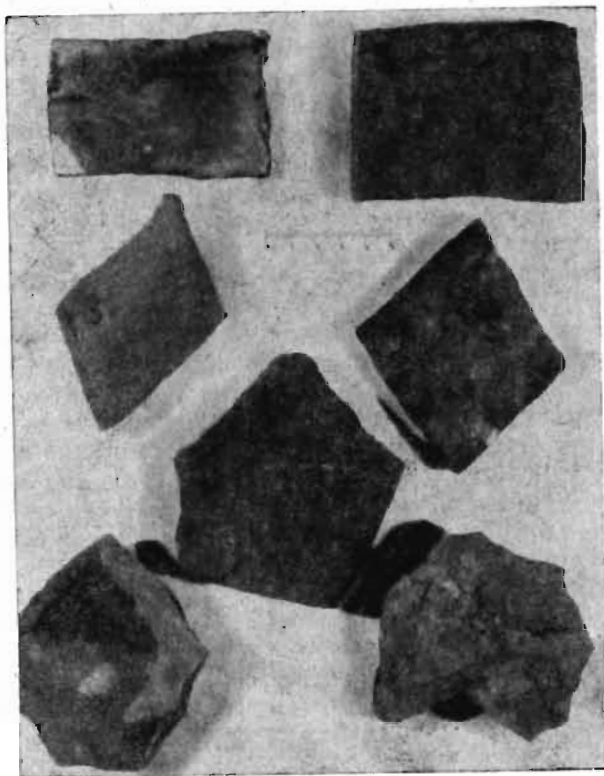


Рис. 8. Типы планетарных отдельностей.

целесообразно понятие о планетарных трещинах пополнить понятием о планетарных отдельностях. Автору представляется, что только при условии их совместного использования (особенно на основе дешифрирования аэрофотоснимков) могут быть получены более исчерпывающие сведения о генезисе рельефа, формирующегося на денудированных складках.

В разрезах меловых и третичных отложений Копетдага были установлены следующие типы планетарных отдельностей: тет-

раидальная, ромбоидальная, пентаидальная и гексаидальная (рис. 8). Наиболее распространенными из них являются первые два типа, связанные с ортогональной и диагональной системами трещин. Третий и четвертый типы, по-видимому, обусловлены сочетаниями упомянутых систем трещин, поскольку здесь могут быть замерены трещины и одного и другого направлений. Выделенные типы отдельностей обычно представляют или части отдельных слоев, или части ячеек слоев. Это собственно и является основанием в первом случае называть их литолого-петрографическими, а во втором — литолого-стратиграфическими пла-



Рис. 9. Морфология рельефа и гидрография.

нетарными отдельностями. Их выражение в рельефе значительно варьирует и связано с морфологией денудированной складчатой структуры, элементы которой определяют их положение в каждом ее участке.

Важную роль в облике геоструктурного рельефа имеют размеры планетарных отдельностей. Наблюдаются планетарные отдельности более высоких категорий, чем те, которые были выделены выше. Для примера укажем одну из возвышенностей у кол. Терсаккан-Куюсы (Западный Копетдаг). Ее очертания (рис. 9) обусловлены субширотными и субмеридиональными планетарными (А и В) трещинами. Это отчетливо выраженная тетраидальная литолого-стратиграфическая планетарная отдельность размерами 1,0 кв. км. Ограничивающие ее трещины уходят на глубину всей видимой мощности (более 400 м) известняков и мергелей кампанского яруса, слагающих возвышенность. Хорошо выражена роль трещин в поведении русла Терсаккан.

Заметим, что при анализе тектоники района здесь может создаться впечатление о крупном сдвиговом смещении, проходящем вдоль восточного склона возвышенности, если не учесть роль планетарной трещиноватости в формировании ее рельефа.

В палеогеновых отложениях западного Копетдага вдоль долины Аджи-Дерс наблюдаются ромбоидальные отдельности, обусловленные сетью планетарных трещин  $220\text{--}240^\circ$ ,  $300\text{--}310^\circ$  простираения. Их грани достигают длины нескольких километров. В рельефе они представлены крупными пластово-треугольными выступами на склонах высоких гряд.

Как известно, в Копетдаге развиты диагональные, по преимуществу сбросово-сдвиговые, разрывы. Сопоставления результатов многочисленных замеров планетарной трещиноватости с упомянутыми разрывами показали достаточно полное совпадение элементов их пространственного расположения. Поэтому может быть высказано предположение, что они являются результатом смещений, приспособившихся к направлениям крупных планетарных трещин. Шульцем (1964б, 1965, 1969 и др.) приводятся данные о такой же приуроченности разрывов к тем или иным системам планетарной трещиноватости. В частности, подобная связь установлена Т. В. Дорофеевой (1968) в районе нефтяных и газовых месторождений Самарской Луки и Восточных Карпат. При этом интересен вывод автора о том, что основными путями миграции нефти и газа служат определенные системы планетарных трещин. Указывается, что роль дизъюнктивных разрывов для миграции нефти незначительна.

Особого интереса, по нашим наблюдениям, заслуживает механизм этих смещений на фоне развития складчатых структур. Оказывается, что их амплитуды обычно резко возрастают в сводовых частях антиклиналей и почти теряются на территории прилегающих синклиналей, но как в одном, так и в другом случае ориентировка разрывов и планетарных трещин сохраняется. Многие участки территории, заключенные между такими разрывами, надо, по-видимому, рассматривать как крупные литолого-стратиграфические планетарные отдельности, перемещенные одна относительно другой. При этом в условиях более активных движений внутри антиклинальных структур возникающим дизъюнктивам присущи большие амплитуды перемещения, чем в синклиналях. В западном Копетдаге можно найти многочисленные примеры таких отдельностей. Они наблюдаются в складчатых структурах Дойран, Торгой, Эйшем и ряде других. Их характерной чертой является резко выраженное блоковое строение сводовых частей, большие амплитуды межблоковых смещений и отчетливо выраженное затухание их амплитуд к периферии складок.

Известно ярко выраженное блоковое строение сводовых частей многочисленных поднятий в Прикаспийской низменности Туркмении, сложенных дочетвертными породами. Морфоло-

гия и механизм их формирования по существу аналогичны тому, что наблюдается в упомянутых структурах западного Копетдага. Вполне поэтому возможно, что и на территории Прикаспийской низменности складкообразовательные движения накладываются на системы планетарных отдельностей литолого-стратиграфических подразделений. Это предопределяет блоковый характер формирующихся структур, проявляющийся, однако, дифференцированно — в сводовых частях более, а на крыльях и в прилегающих синклиналях менее активно.

В Центральном Копетдаге и, в частности, в его Арчман-Нухурском районе очень крупные литолого-стратиграфические планетарные отдельности наблюдаются на пологих склонах хребтов Душак-Эрек-Даг, Тырнов, Келат и др. Особенно отчетливо пластово-ромбоидальные отдельности выражены здесь в известняках нижнего баррема. Они отлично отпрепарированы эрозией и сообщают развитому здесь рельефу весьма характерные черты. По трещинам, ограничивающим эти отдельности, часто фиксируются относительные смещения крупных пластовых ромбоздров и литолого-стратиграфических отдельностей. Линии таких смещений полностью пересекают морфоструктуры упомянутых хребтов, выявляя тем самым существование еще более крупных планетарных отдельностей. Так на юго-восточном склоне хребта Тырнов развита система диагональных косо пересекающихся трещин, которыми хребет (при его ширине до 4 км и длине почти 20 км) делится на 15—20 литолого-стратиграфических планетарных отдельностей. Несомненно, что эти образования должны быть отнесены к наиболее высокой для данного района категории. Все они смещены одна относительно другой и представляют собой пример образования тектонических разрывов, унаследованно развивающихся по системе планетарных трещин на складчатой структуре.

В заключение этой части нашей работы приведем некоторые данные, касающиеся наблюдений планетарной трещиноватости на равнинных территориях. На последних они проявляются в виде линеаментов.

Во время аэровизуальных наблюдений над территорией Устюрта, автором наблюдалось, что одни из них простираются меридионально, другие — с юго-востока на северо-запад,  $33\text{--}340^\circ$ . В урочище Сыртшанжал, расположенном северо-восточнее Кара-Богаз-Гола в сарматских известняках, видны крупные и мелкие уступы и эрозионные врезы, выраженные системой оврагов Карасай, Аяк-карасай и др., в совокупности образующие меридиональные линеаменты. К направлениям линеаментов  $330\text{--}340^\circ$  приурочены линейно вытянутые урочища Койкуркак и Караколка, прямолинейно очерченный северо-восточный берег солончака Барса-Кельмес и также системы крупных оврагов большей или меньшей густоты заложения. Следует отме-

тить, что с этим же направлением совпадает здесь и общее расположение долины р. Амударьи.

В целом на территории Устюрта система эрозионных врезок решетчатая. Ее расположение, как показывают проводившиеся наблюдения, обусловлено указанными направлениями линейментов. Часто вдоль них, особенно в весеннее время, наблюдаются полосы более густой растительности. Как правило, они по общему тону темнее окружающей территории. Это, по-видимому, связано с более активным течением здесь почвообразовательных процессов, происходящим вследствие относительно большей увлажненности территории, примыкающей к линейментам. Обращает на себя внимание, что меридиональные из них располагаются согласно Уральской, а северо-западные — Кавказ-Копетдагской горных систем.

Сочетание указанных и других линейментов разделяет поверхность Устюрта на крупные блоки довольно правильных очертаний. Между прочим, хорошо, например, подобные блоки представлены в пределах Балтийского и Канадского щитов. В частности, диагональные системы таких трещин наблюдались автором с борта маршрутного самолета с высоты 7—8 км при полете над территорией Валдая. Чаше всего они ориентированы здесь на ССЗ и на СВ. Приуроченные к ним многочисленные озера, часто сильно вытянутые по направлениям трещин, речная сеть и различные формы рельефа в целом образуют решетчатую — ромбовидальную — морфоструктуру ландшафта этой территории.

Здесь важно отметить черты определенной аналогии в морфологии ландшафтов Валдая, Устюрта и Канадского щита, обусловленные пересекающимися системами развитых на них линейментов, занимающих, по-видимому, промежуточное положение между макротрещиноватостью и «общей трещиноватостью горных пород», или «трещинами повсеместного распространения».

### О роли планетарной трещиноватости в тектоническом развитии Копетдага

Связь, существующая между разрывами сбросо-сдвигового типа и планетарной трещиноватостью, наблюдающаяся во многих районах Копетдага, указывает на необходимость ее специального изучения при геологическом картировании. Разрывы, показываемые на картах без изучения и учета этой связи, не могут считаться достаточно обоснованными. Результаты такого изучения могут иметь важное значение для картирования разрывных нарушений и поисков месторождений связанных с ними полезных ископаемых. Надо подчеркнуть, что это необходимо также и при трактовке общих вопросов геологии Копет-

дага. Отметим, например, что, занимаясь изучением закономерностей размещения его основных складчатых и разрывных нарушений, ряд авторов — В. Н. Огнев (1937), Г. И. Каляев (1946), П. И. Калугин (1946, 1956), а позже Л. М. Расцветаев (1966) — пришли к выводу о наличии правых и левых сдвигов Копетдагского антиклинория.

Правосдвиговые нарушения развиты в Центральном и Восточном Копетдаге, а левосдвиговые — преимущественно в Западном Копетдаге, причем ось симметрии этих нарушений расположена по субмеридиональному направлению максимального сжатия, проходящего через Арчман-Нухурский район Копетдага и вызвавшего образование Копетдагской складчатой дуги. Упомянутыми авторами отмечается неравномерность в развитии этих нарушений — правые сдвиги более значительны, чем левые. Указываются еще линейно-надвиговые и взбросовые дизъюнктивные структуры, приуроченные к краевой — фронтальной — «шовной» зоне глубинного заложения. Сочетание этой зоны с право- и левосдвиговыми деформациями образует трапециевидные очертания северной части Копетдагского мегантиклинория. При этом, как указывает Г. П. Горшков (1947), трещины всех трех систем являются сопряженными образованиями скалывания.

Как следует из наших наблюдений, основными в пределах Копетдага являются диагональные, а также субмеридиональные и субширотные (менее развитые) системы планетарных трещин. Право- и левосдвиговые нарушения в совокупности тоже представляют собой диагональные системы. Поэтому естественно видеть между ними достаточно выраженную связь и считать эти нарушения наложенными на готовую систему планетарных трещин. Если принять во внимание это важное обстоятельство, то, по нашему мнению, право- и левосдвиговые нарушения в Копетдагском антиклинории происходят не вследствие скалывания пород, а в результате смещения крупных литолого-стратиграфических планетарных отдельностей по готовым системам разделяющих их планетарных трещин. При складкообразовательных движениях, которые, может быть, и не обязательно связывать с тангенциальными напряжениями, планетарные отдельности поведут себя как тектонические блоки, смещаясь один относительно другого. При этом величина смещения, результат которого может на поверхности выглядеть и как сдвиг, тесно связана с активностью и амплитудой складкообразовательных движений в тех или иных частях Копетдага.

При общей субмеридиональной асимметрии складчатых форм Копетдагского антиклинория и том условии, что во внутренних частях отдельных складок их скорость и амплитуда всегда больше, в его восточных и в западных областях должны развиваться различные по характеру проявления разрывные

нарушения. Поэтому вряд ли целесообразно, как это считает Расцветаев (1966), связывать неравномерность развития правых и левых сдвигов в Копетдаге с особенностями глубинной (доальпийской) тектоники этой территории.

Простираение одной из основных систем планетарной трещиноватости в Копетдаге СЗ 310°. С ним совпадает направление фронтальной линии Копетдага, часто представленной асимметричными складками, надвигами и взбросами. Почти во всех наблюдавшихся нами случаях простираение этих нарушений совпадает с планетарными трещинами СЗ 310°.

Примечательно, что надвиги, развивающиеся вдоль нефронтально расположенных складок, таких, как Тырнов, Келат и др., обычно совпадают с системами планетарных трещин СВ 40—60° простираения. Таким образом, сочетание выявленных направлений планетарной трещиноватости аналогично сочетанию право- и левосдвиговых, а также взбросово-надвиговых дизъюнктивных нарушений, отмечаемых упоминавшимися авторами. В плане оно действительно образует трапецевидную структуру, современная морфология которой, по-видимому, в основном связана с перемещениями крупных литолого-петрографических и литолого-стратиграфических планетарных отдельных по сети планетарных трещин.

Системе планетарных трещин простираения СЗ 310°, совпадающего с положением фронтальной линии Копетдага, вероятно, принадлежит большая роль в его орографическом выражении. Это служит косвенным указателем того, что по глубине проникновения они могут относиться к планетарным макротрещинам, ограничивающим с северо-востока Копетдаг как самую крупную планетарную отдельность Туркмении.

В настоящее время еще не ясны особенности связи механизма геотектонических процессов в региональном аспекте с планетарной трещиноватостью. Однако результаты проведенных исследований показывают, что наличие упомянутой системы трещин весьма способствует активизации предгорного прогибания и возникновению взбросовых и надвиговых структур. Возможно также, что для развития тектоники фронтальной зоны Копетдага наличие планетарной трещиноватости является необходимым условием.

Система макропланетарных трещин, с которой может быть связано формирование основных элементов геологии фронтальной зоны Копетдага, не является аналогом упоминавшейся выше шовной зоны глубинных разрывов. Согласно Расцветаеву (1966), эта зона, будучи косо ориентирована к направлению максимальных сжимающих напряжений (субмеридиональных, горизонтально направленных), служит как бы экраном для проникновения их дальше на север и эту свою роль играет с доальпийского времени. Однако в Копетдаге отчетливо фиксиру-

ются явления роста и расширения его складчатой структуры и миграция передового прогиба на север, начиная с конца юры (Мирошниченко, 1947). Она прослеживается и до настоящего времени, о чем свидетельствует миграция на север ландшафтов современной наклонной равнины (Мирошниченко, 1951, 1961, 1966). Поэтому представляется весьма спорным существование подобного в высшей степени статичного дизъюнктивного образования, занимающего одно и то же положение с палеозоя и, более того, препятствующего проникновению складкообразовательных движений Копетдага на север. При обосновании этого утверждения следует учитывать наличие валлообразного (по терминологии автора — Предкопетдагского) поднятия, прослеживающегося вдоль всего Копетдага за полосой шоров и такыров, приуроченных к осевой части современного предгорного прогиба (Мирошниченко, 1960, 1961, 1966). Предкопетдагское валлообразное поднятие, формирование которого началось во второй половине четвертичного времени, находится к северу от упомянутой шовной зоны. Это указывает на расширение горной области, современная граница которой в настоящее время прослеживается севернее предполагаемого положения шовной зоны, т. е. за пределами ее экранирующего, как указывает Расцветаев (1966), влияния.

Система глубинных разрывов вдоль фронтальной зоны Копетдага несомненно существует. Однако ее необходимо, по мнению автора, рассматривать не как стабильную еще доальпийскую дизъюнктивную структуру, а как весьма подвижное образование, формирующееся на фоне роста и расширения Копетдагского антиклинория. Представляется, что в области активного прогибания, подобно тому, что наблюдается на растущих антиклиналях, происходят значительные перемещения различных по форме и размерам планетарных отдельных.

Судя по тому, что кровля палеозоя в пределах прогиба опущена на глубину 10—12 км, амплитуды этих перемещений должны быть очень велики. Надо иметь в виду, что только подошва нижнемеловых отложений в осевой части прогиба отмечается на глубине 5—6 км. Неравномерное прогибание осадочных толщ, пересеченных сеткой планетарных трещин, вызывает дифференцированные перемещения планетарных отдельных с большими их амплитудами в приосевой части прогиба. Процесс прогибания имеет, по-видимому, непрерывно-прерывистый характер, так как несомненно включает относительные подвижки между литолого-стратиграфическими планетарными отдельностями. Это одна из особенностей процесса формирования предгорного прогиба. Другой ее важной особенностью является динамичное сочетание прогиба, мигрирующего к северу, с формирующимися надвигами и системой глубинных разрывов вдоль фронтальной линии Копетдага. Сущность этого сочетания

заключается, вероятно, в том, что на вновь вовлекаемых в прогиб участках сопредельной платформы параллельно возникают и развиваются подвижки по системе планетарных трещин. Поскольку глубина прогибания в конечном итоге очень значительна, эти подвижки также имеют глубокие заложения.

Мы, таким образом, приходим к выводу, что одновременно с образованием и миграцией прогиба по системам планетарных трещин возникают и развиваются новые тектонические разрывы. Поскольку при этом их полоса от этапа к этапу развития Копетдагского антиклинория наращивается, мы можем говорить и об одновременной миграции к северу зоны разрывов глубокого заложения. Обе эти стороны процесса, т. е. формирование прогиба и подвижки планетарных отдельностей, сопряжены и постоянно взаимодействуют.

С этим процессом, по-видимому, связано и образование надвигов, пользующихся наибольшим развитием также в пределах фронтальной зоны Копетдага, которые как один из характерных элементов складчатости общего смятия возникают, согласно В. В. Белоусову (1966), в определенных условиях проявления гравитационных сил, на крыльях антиклинория.

Приведенные обстоятельства указывают, что поднадвиговая часть Копетдага является сложным образованием, представляющим собою фрагментарную систему деформированных и смещенных планетарных отдельностей, перекрытых надвигами, развивающимися и в настоящее время.

Многочисленные литературные данные, как можно отметить в заключение, указывают на весьма широкое распространение геоструктурного рельефа, обусловленного, как было показано выше, экзогенной препарировкой планетарных отдельностей. По существу этот рельеф развит во всех регионах земного шара, сложенных различными формациями осадочных пород. Это означает, что при условии широкого использования аэрофотосъемки и съемки из космоса он может играть исключительно важную роль как индикатор планетарной трещиноватости. Автор попытался показать это на примере исследований Копетдага и некоторых других районов Туркмении, геоморфология и геологическое строение которых во многом обусловлены планетарной трещиноватостью, размерами и формой планетарных отдельностей. Поэтому данные по планетарной трещиноватости различных регионов будут способствовать составлению полноценного суждения «о тектоническом и геоморфологическом строении Земли в целом, а также и об особенностях плана строения отдельных изучаемых нами районов...» (Шульц, 1969, стр. 5). Несомненно также, что эти данные позволят значительно усовершенствовать результаты геологосъемочных, поисковых и разведочных работ и уточнить существующие классификации рельефа земной поверхности.

- Белоусов В. В. 1962. Основные вопросы геотектоники. Госгеолтехиздат.
- Белоусов В. В. 1966. Земная кора и верхняя мантия материков. «Наука».
- Герасимов И. П. 1946. Структурные и скульптурные особенности рельефа Казахстана. В сб.: Вопросы географии. Географгиз, 1.
- Герасимов И. П., Ю. А. Мещеряков. 1964. Морфоструктура и морфоскульптура земной поверхности. «Наука».
- Горшков Г. П. 1947. Вестник МГУ, 1, стр. 103—115.
- Дорофеева Т. В. 1968. Тр. Всес. нефт. н.-и. геолого-развед. ин-та, 264, стр. 100—116.
- Калугин П. И. 1946. Советская геология, 11, стр. 44—52.
- Калугин П. И. 1956. Тр. Ин-та геологии АН Туркм. ССР, 1, стр. 7—15.
- Каляев Г. И. 1946. Дизъюнктивная тектоника Копетдага и ее связь со складчатыми структурами. Госгеолгиздат.
- Методические указания по изучению планетарной трещиноватости. 1965. Ротапринт. Изд. ЛГУ.
- Мирошниченко В. П. 1940. Геодезист, 9, стр. 13—23.
- Мирошниченко В. П. 1942. В сб.: Материалы по дешифрированию аэроснимков. Изд. АН СССР, стр. 86—96.
- Мирошниченко В. П. 1946. Аэрогеосъемка. Госгеолгиздат.
- Мирошниченко В. П. 1947. Изв. АН СССР, сер. геол., 4, стр. 61—72.
- Мирошниченко В. П. 1951. Изв. АН СССР, сер. геол., 5, стр. 122—137.
- Мирошниченко В. П. 1959. Тр. ЛАЭМ, VIII, стр. 14—38.
- Мирошниченко В. П. 1960. Тр. ЛАЭМ, IX, стр. 3—39.
- Мирошниченко В. П. 1961. В сб.: Применение аэрометодов в ландшафтных исследованиях. «Наука», стр. 5—38.
- Мирошниченко В. П. 1966. Доклады комиссии по аэросъемке и фотограмметрии. ВГО, стр. 39—47.
- Мирошниченко В. П. 1968. В сб.: Современные движения земной коры, 4, стр. 177—189.
- Михайлов А. Е. МГК, XXII сессия. Доклады советских геологов. Проблема 4. «Наука», стр. 105—115.
- Новикова А. С. 1951. Изв. АН СССР, сер. геол., 5, стр. 68—85.
- Огнев В. Н. 1937. Проблемы советской геологии, 9, стр. 789—797.
- Расцветаев Л. М. 1966. Геотектоника, 3, стр. 18—25.
- Шульц С. С. 1964а. В сб.: Активизированные зоны земной коры, новейшие тектонические движения и сейсмичность. «Наука», стр. 31—44.
- Шульц С. С. 1964б. МГК, XXII сессия. Доклады советских геологов. Проблема 4. «Наука», стр. 147—153.
- Шульц С. С. 1965. В сб.: Основные проблемы изучения четвертичного периода. «Наука», стр. 147—150.
- Шульц С. С. 1966. Геотектоника, 2, стр. 36—42.
- Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.



## О НЕКОТОРЫХ ОБЩИХ (планетарных) ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ В НАПРАВЛЕНИЯХ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ДОКЕМБРИЙСКИХ ПОРОД БАЛТИЙСКОГО И УКРАИНСКОГО ЩИТОВ

В литературе, как русской, так и зарубежной, неоднократно указывалось на то, что земная кора разбита на блоки сетью разломов и трещин, определенным образом ориентированных в пространстве. При этом закономерная пространственная ориентировка трещиноватости Земли объяснялась иногда планетарными причинами (Арабу, 1939; Бубнов, 1960). Но, говоря о делимости земной коры на блоки, большинство ученых рассматривало макротрещиноватость Земли, не уделяя внимания изучению мелких трещин в породах.

С. С. Шульц (1964), развивая идею о наличии планетарной трещиноватости на Земле и анализируя закономерности распределения и особенности именно мелких трещин, отметил, что не только крупные, но и мелкие трещины, секущие горные породы, своей ориентировкой в пространстве связаны не с местными, а с общими планетарными явлениями. Эти мелкие трещины он называл планетарными. Для пород осадочного чехла Русской плиты путем массовых замеров мелких трещин в породах и последующей их статистической обработки было доказано наличие таких планетарных трещин, закономерно ориентированных относительно стран света (Шульц, 1969).

Кристаллические породы Балтийского и Украинского щитов также разбиты многочисленными разноориентированными в пространстве трещинами, образующими при пересечении поля блоков разных размеров, формы и ориентировки. Но специальными исследованиями трещиноватости для выяснения ее общих планетарных закономерностей распространения в пределах этих щитов никто не занимался. Изучение трещин некоторых интрузивных массивов велось в комплексе тектоно-магматических исследований и преследовало совсем другие цели. Более того, некоторые исследователи считали, что пользоваться методом статистической обработки большого количества трещин, замеренных в участках с разноориентированными системами трещин, бессмысленно.

Наши наблюдения не позволяют согласиться с высказанным положением и как раз свидетельствуют об обратном. Систематические массовые замеры трещиноватости в породах различного возраста и состава и последующая их статистическая обработка в пределах щитов Русской платформы показали, что трещины отчетливо группируются в наиболее характерные для определенного региона для системы. Так для северо-западной части Украинского щита (житомирское Полесье) по 6950 замерам

трещин выделяются три направления: СЗ 314°; СВ 31° и ВСВ 80°, а для юго-восточной окраины Балтийского щита по 17450 замерам — три следующих направления: З 278°; СЗ 334°; СЗ 43°. Причем отмечаются определенные пространственные закономерности в направлениях трещиноватости, а также некоторая связь направлений трещин с возрастом пород.

В поле нами замерялись все вертикальные трещины изучаемого объекта в соответствии с методическими указаниями, принятыми кафедрой геоморфологии ЛГУ в 1965 г. (Методические указания..., 1965) для изучения планетарной трещиноватости в осадочных породах чехла Русской платформы. В интрузивных породах, если было возможно, трещины замерялись в различных частях массивов, и при этом особое внимание обращалось на взаимоотношение трещин и первичных текстур течения. В дальнейшем трещины подвергались статистической обработке с построением роз-диаграмм и векторных диаграмм, которые и анализировались.

На Украинском щите наши исследования<sup>1</sup> были сосредоточены в его северо-западной части, в пределах (главным образом) житомирского Полесья. Здесь в 35 карьерах и естественных обнажениях, расположенных в различных частях рассматриваемой части Украинского щита, была изучена трещиноватость архейских, нижнепротерозойских, верхнепротерозойских интрузивных и осадочных метаморфизованных образований, а также четвертичных лёссов. Сгруппировав замеры трещин по районам, построив розы-диаграммы и на их основе векторные диаграммы трещиноватости, мы получили главные направления трещиноватости, довольно отчетливо рисующиеся в каждом из районов, указанных на рис. 1.

Наиболее распространенными и устойчиво выдержанными направлениями трещиноватости в пределах северо-западной части Украинского щита являются северо-восточное и северо-западное (относительно современного положения полюса Земли). Северо-восточное направление азимутально выражено 31—33° и 35—38°; дополнением к этому направлению являются системы трещин с азимутами 27 и 29°, встречающиеся в северо-восточной части исследованного района (Овруч, Игнатполь). Таким же повсеместно распространенным и господствующим почти во всех участках замеров трещин является северо-западное направление, характеризующееся азимутами 314—316° и 319° (только для Жежелевского района). Дополнительным к этим системам являются направления 308 и 309°, также образующие максимальные лучи на векторных диаграммах в Сосновском, Коростенском и Белокоровичском районах.

Вышеуказанные диагональные направления трещиноватости являются основными для северо-западной части Украинского

<sup>1</sup> Исследования лаборатории планетарной трещиноватости ЛГУ.

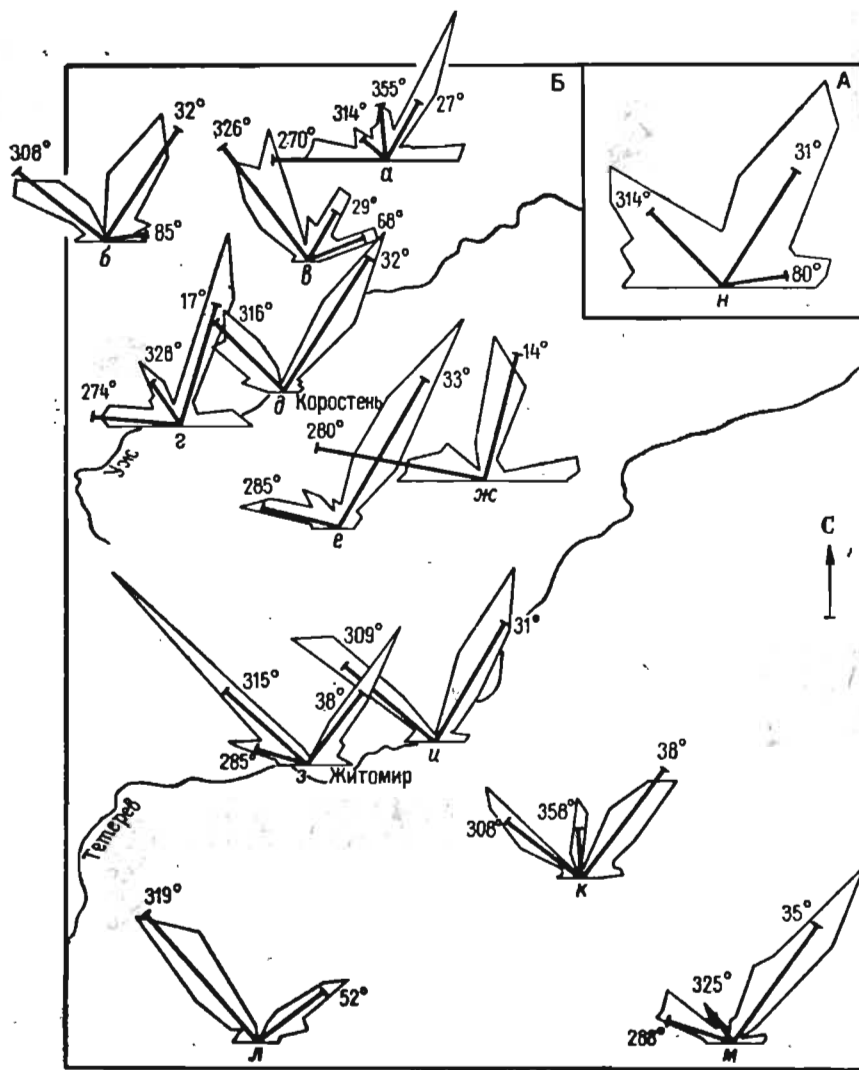


Рис. 1. Розы-диаграммы и векторные диаграммы трещиноватости пород северо-западной части Украинского щита.

$A_n$  — суммарная диаграмма, построенная по 6950 замерам; Б — участковые диаграммы по районам: а — Овручский, б — Белохоровичский, в — Игнатпольский, г — Емельяновский, д — Коростенский, е — Слещицкий, ж — Малинский, з — Житомирский, и — Коростышевский, к — Сосновский, л — Жежелевский, м — Белоцерковский.

щита. Они характеризуются повсеместным (или почти повсеместным) распространением, подчеркивают самые выразительные системы трещиноватости в каждом из районов, как правило, образуют взаимно перпендикулярные (или близкие к ним) пары друг с другом и разбивают северо-западную часть Украинского щита на относительно правильные блоки разных размеров в зависимости от густоты трещиноватости в том или ином районе.

Кроме этих основных диагональных направлений в центральной части района (к югу от г. Коростеня и до г. Житомира) прослеживается близширотное направление трещиноватости (с азимутом простирания  $280-285^\circ$ ). Эти трещины не образуют на диаграммах таких максимумов, как диагональные направления. Однако они устойчиво и азимутально выдержанно присутствуют почти в каждой из частных роз-диаграмм указанного участка, совместно с диагональными направлениями. Широтное направление трещиноватости характерно и для Овручского района, а близширотное — для Игнатпольского.

Из второстепенных направлений трещиноватости, образующих максимумы в отдельных районах, но которые не имеют повторений на других участках, являются  $326$  и  $328$ ,  $14$  и  $17^\circ$  (Игнатпольский, Емельяновский районы).

Все перечисленные направления трещин, как и второстепенные, особенно отчетливо видны на схеме (рис. 2), где показана сеть планетарной трещиноватости, построенная на основе векторных диаграмм. Как было отмечено выше, основные направления трещиноватости, как правило, образуют друг с другом взаимно перпендикулярные пары. Нанеся эти пары максимумов-векторов на карту и продолжив их в пределах изученной площади Украинского щита, мы получили сеть преобладающих направлений трещин, наиболее характерную для рассматриваемой территории.

Все основные направления трещин, наиболее часто встречающиеся в северо-западной части Украинского щита, отчетливо выделяются и на сводной розе-диаграмме (см. рис. 1 А). Но для прослеживания и анализа пространственного распространения этих направлений лучше строить участковые розы и векторные диаграммы, а также рисовать сеть трещин путем нанесения на карту взаимно перпендикулярных пар максимумов трещиноватости.

Сравнение выявленной сети планетарной трещиноватости с разломами, установленными на Украинском щите геологическими и геофизическими методами, показало, что в целом сеть трещин по направлениям очень хорошо совпадает с сетью глубинных разломов в северо-западной части щита. К. Ф. Тяпкиным и другими (1966) показано преобладание глубинных разломов северо-западного и северо-восточного направлений при подчиненном количестве ортогональных. Сравнение с более де-

тальными геологическими картами (на которых показаны разрывные нарушения) также обнаруживает хорошее совпадение наиболее характерных направлений трещиноватости и разломов. Так, например, в районе поселков Слепчицы, Лезники, г. Володарска-Волынского отчетливо прослеживается зона трещин близширотного направления (рис. 2). По геологическим данным А. Г. Ролика и других, здесь картируется разлом

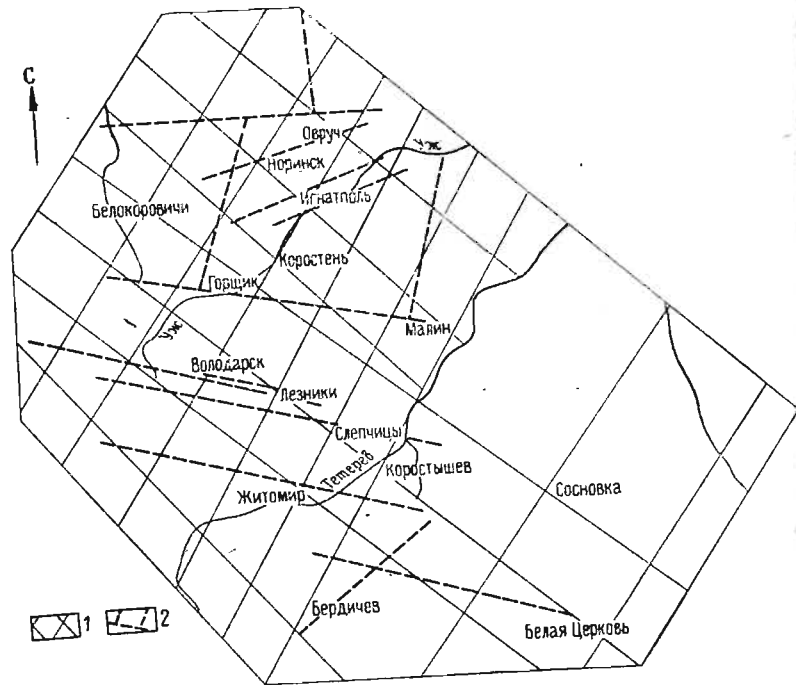


Рис. 2. Сеть трещиноватости северо-западной части Украинского щита.

1 — основные, повсеместно проявляющиеся направления; 2 — локально проявляющиеся направления.

Особенно интересен в этом отношении Тетеревский разлом, состоящий из нескольких прямолинейных разноориентированных отрезков и представляющий сложную построенную тектоническую зону с массой зон милонитизации и брекчирования. Почти каждый отрезок-разлом этой зоны совпадает по направлению с одним из лучей максимумов на розе-диаграмме и векторной диаграмме. Хорошее совпадение основного направления трещиноватости с разломом широтного простирания, изображенного на всех геологических картах, наблюдается в Овручском районе. Отчетливо выявляется отличное от основной сети трещиноватости направление трещин близширотного простирания на участ

стке между реками Норин и Уж. В этом месте по геологическим данным также выделяется близширотный разлом.

О пространственных закономерностях в направлениях трещиноватости Балтийского щита можно сказать в самых общих чертах (по предварительным данным). В целом для юго-восточной окраины Балтийского щита характерны три системы трещин: 278, 334 и 43° при преобладающем северо-западном направлении, причем для западной части исследованной нами территории (Северо-Западное и Северное Приладожье) характерны диагональные (при преобладающем северо-западном луче) и широтные системы трещин, а для восточной части (восточнее г. Питкяранта) ортогональные. Четкого закономерного пространственного поворота систем трещин по площади не отмечается.

Остановившись на вопросе связи направлений трещин с возрастом рассекаемых ими пород, следует заметить, что этот вопрос сложный, еще далек от своего разрешения и ставится в настоящей статье для показа некоторых общих закономерностей, выявленных в процессе наших исследований на Украинском щите с некоторым привлечением данных по Балтийскому щиту.

В рассматриваемой части Украинского кристаллического щита широким распространением пользуются<sup>2</sup> чудновско-бердичевские граниты, относящиеся к бугско-подольскому интрузивному комплексу архейского возраста, гранитоиды кировоградско-житомирского интрузивного комплекса, внедрившиеся на границе архея и нижнего протерозоя, кварцито-песчаники овручской серии верхнего протерозоя, габбро, лабрадориты и гранитоиды коростенского интрузивного комплекса верхнего протерозоя, а также четвертичные лессы. Все эти комплексы пород отделены друг от друга крупными перерывами и отвечают основным этапам геотектонического развития Украинского щита.

Трещиноватость всех перечисленных комплексов пород характеризуется определенными направлениями главных систем (рис. 3). Причем намечается определенная закономерность в изменениях направлений трещин в породах от более древнего к более молодому комплексу (таблица).

Из данных, приведенных на рис. 3 и в таблице, следует, что для каждого комплекса пород, отражающего основные этапы геотектонического развития Украинского щита, характерен свой план трещиноватости. Для архейских и архейско-нижнепротерозойских гранитоидов (чудновско-бердичевский и кировоградско-житомирский комплексы) свойственна очень отчетливая диагональная система трещин с лучше выраженным северо-западным направлением. Верхнепротерозойские кварцито-песча

<sup>2</sup> Комплексы пород приводятся главным образом по данным Н. П. Семенико (1958, 1965).

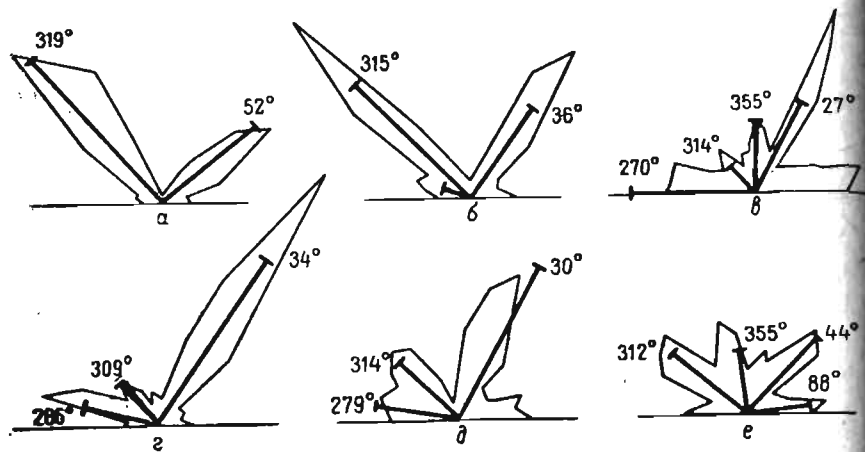


Рис. 3. Розы-диаграммы и векторные диаграммы трещиноватости различных комплексов пород, распространенных в северо-западной части Украинского щита.

а — чудновско-бердичевские граниты; б — кировоградско-житомирские граниты; в — толкачевские кварцито-песчаники; г — основные породы коростенского комплекса; д — граниты коростенского комплекса; е — лёссы.

Т а б л и ц а

Основные азимуты простираний трещин различных комплексов пород северо-западной части Украинского щита

Основные комплексы пород	Кол-во замеров	Направление			
		СЗ	меридиональное	СВ	широтное
Четвертичные лёссы . . .	300	312 (31)	355 (22)	44 (31)	88 (15)
Гранитоиды коростенского комплекса верхнего протерозоя . . . . .	2510	314 (23)	—	30 (51)	279 (26)
Основные породы коростенского комплекса верхнего протерозоя . .	285	309 (18)	—	34 (60)	286 (22)
Кварцито-песчаники овручской серии верхнего протерозоя . . . . .	925	314 (12)	355 (20)	27 (28)	270 (40)
Гранитоиды кировоградско-житомирского комплекса архея-нижнего протерозоя . . . . .	800	315 (56)	—	36 (44)	—
Чудновско-бердичевские граниты бугско-подольского комплекса архея	300	319 (68)	—	52 (32)	—
Сводная роза-диаграмма .	6950	314 (33)	—	31 (45)	80 (21)

Примечание. В скобках приводится процентная выраженность данного направления от общего числа замеров трещин.

ники овручской серии пересекаются трещинами преимущественно широтного, меридионального и северо-восточного направлений. Для пород верхнепротерозойского интрузивного комплекса характерно преобладание трещиноватости северо-восточного и близширотного направлений. Отчетливая четырехлучевая роза показывает распределение основных направлений трещиноватости в четвертичных лёссах, изученных нами на южном склоне Овручской возвышенности. Здесь почти одинаково хорошо выражены все четыре направления: северо-западное, ме-

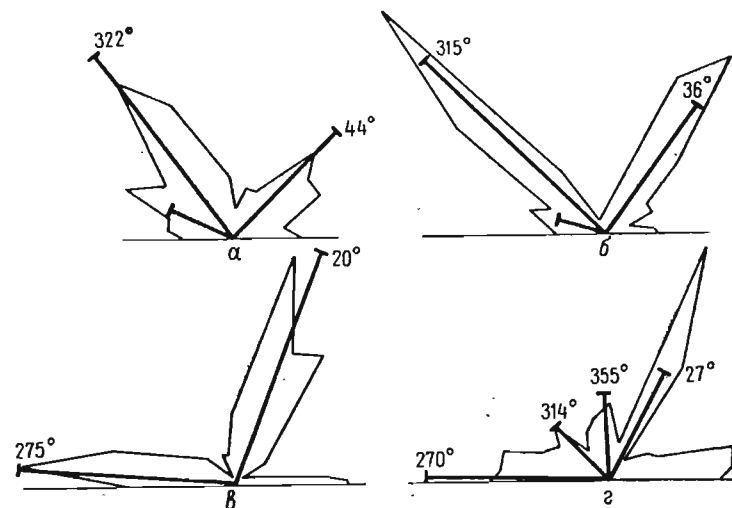


Рис. 4. Сравнение роз-диаграмм трещиноватости пород Украинского и Балтийского щитов.

а — раннепротерозойские умеренно кислые гранитоиды Северо-Западного Приладожья; б — архейско-раннепротерозойские гранитоиды кировоградско-житомирского комплекса Украинского щита; в — кварцито-песчаники шокшинской толщи верхнего протерозоя Балтийского щита; г — кварцито-песчаники толкачевской свиты верхнего протерозоя Украинского щита.

ридинальное, северо-восточное и широтное, соответствующие четырем главным теоретически вычисленным планетарным направлениям трещин на Земле относительно современного положения полюса.

Кроме того, нами произведены сравнения трещиноватости пород близких по возрасту, составу и условиям образования Украинского и Балтийского щитов (рис. 4). Были проанализированы нижнепротерозойские умеренно кислые гранитоиды Северо-Западного Приладожья (кварцевые диориты интрузии Куркийоки) и архейско-нижнепротерозойские гранитоиды кировоградско-житомирского комплекса северо-западной части Украинского щита (граниты, обнажающиеся в районах Житомира и Коростышева). Г. М. Саранчина (1969) считает возможным сопоставить между собой эти гранитоиды, учитывая,

что главной особенностью и тех, и других является приуроченность их к главному этапу раннепротерозойской складчатости, синхронность с региональным метаморфизмом и палингенное происхождение. Розы-диаграммы этих пород отличаются большим сходством их рисунков (см. рис. 4а, б). И те, и другие характеризуются отчетливыми диагональными системами трещин, причем совпадает не только диагональный план трещиноватости, но оказывается близким и градусное выражение основных направлений систем трещин. Для обоих комплексов гранитоидов характерна тесная связь направлений трещин с простираем плоскостных или линейных текстур течения. Одна из систем трещин, северо-западная, следует их простирацию, а другая, северо-восточная, ей перпендикулярна.

Кроме того, сравнивалась трещиноватость верхнепротерозойских кварцито-песчаников, развитых на Балтийском (шокшинская толща) и на Украинском (толкачевская свита овручской серии) щитах. Сводные розы-диаграммы, построенные отдельно по трещинам толкачевских и шокшинских кварцито-песчаников, обладают большим сходством (см. рис. 4в, г). На обеих розах выявляются отчетливые направления трещиноватости: широтное ( $3\ 270\text{--}275^\circ$ ) и северо-восточное (СВ  $20\text{--}27^\circ$ ).

Эти сравнения показывают, что системы трещиноватости в близких по возрасту и условиям образования, но пространственно разобщенных породах Украинского и Балтийского кристаллических щитов характеризуются близкими направлениями. Соответствие же направлений в разновозрастных породах в удаленных по площади местах может служить в какой-то степени доказательством общности причин, способствовавших возникновению близкого плана трещиноватости. Такими причинами могли быть планетарные напряжения, которые действовали одинаково направленно в определенные отрезки времени. Так во время формирования трещин в кварцевых диоритах Приладожья и плагногранитов Украинского щита нижнепротерозойского возраста под влиянием эндогенных факторов, действующих при остывании магмы и ее кристаллизации, существовали планетарные напряжения, способствовавшие образованию закономерной пространственной ориентировки трещин в этих породах в направлениях северо-восток и северо-запад. Во время же образования трещин в шокшинских и толкачевских кварцито-песчаниках эти планетарные напряжения уже способствовали ориентировке трещин в направлениях восток-запад и северо-северо-восток.

Подводя итог изложенному выше фактическому материалу, можно сделать некоторые выводы.

1. Докембрийские кристаллические образования щитов Русской платформы, так же как и осадочные породы Русской плиты, разбиты системами планетарных трещин, закономерно ориентированными в пространстве.

2. Массовые замеры трещин и их последующая статистическая обработка позволили выделить в пределах северо-западной части Украинского щита основные направления планетарной трещиноватости: СЗ  $314^\circ$  (33%), СВ  $31^\circ$  (45%) и ВСВ  $80^\circ$  (21%).

3. Несмотря на то, что эти основные направления и проявляются отчетливо на сводной розе-диаграмме по тысячам замеров, для выявления их распространения по площади лучше строить участковые розы-диаграммы и векторные диаграммы трещиноватости.

4. Основные северо-восточные и северо-западные планетарные направления трещиноватости пользуются повсеместным распространением, образуют отчетливые взаимно перпендикулярные пары друг с другом и разбивают северо-западную часть Украинского щита на блоки правильной формы и разных размеров.

5. Основные направления планетарной трещиноватости (мелкой) хорошо совпадают с глубинными и региональными разломами, выделенными по геолого-геофизическим данным на территории рассматриваемой части Украинского щита.

6. Наблюдается определенная связь направлений трещин с возрастом пород. Для каждого комплекса пород, отражающего основные этапы геотектонического развития Украинского щита, характерен свой план трещиноватости. Диагональные системы трещин с наиболее выразительным северо-западным направлением свойственны архейским и нижнепротерозойским породам, ортогональная система и хорошо развитое северо-восточное направление характерны для трещиноватости верхнепротерозойских пород, а диагональная и ортогональная системы, одинаково выраженные, свойственны четвертичным лессам.

7. Сравнение трещиноватости пород Украинского и Балтийского щитов показывает, что похожими рисунками роз-диаграмм и сходными направлениями трещиноватости обладают породы близкие по составу, возрасту и условиям образования, какими, например, являются кировоградско-житомирские и куркийокские гранитоиды, а также толкачевские и шокшинские кварцито-песчаники.

8. Изучение планетарной трещиноватости в пределах Украинского щита имеет большое практическое значение. Метод изучения мелкой трещиноватости можно рекомендовать как один из методов для выявления разрывных нарушений и распространение их по площади в сравнительно слабо обнаженной северо-западной части Украинского щита.

Изучение трещиноватости, ее общих (планетарных) и локальных закономерностей совершенно необходимо при разведке и разработке строительных материалов, добыча которых широко осуществляется в северо-западной части Украинского щита.

## ЛИТЕРАТУРА

- Арабу Н. 1939. МГК. Тр. XVII сессии, 2, стр. 337—348.  
 Бубнов С. Н. 1960. Основные проблемы геологии. Изд. МГУ. Методические указания по изучению планетарной трещиноватости. 1965. Ротапринт. Изд. ЛГУ.  
 Саранчина Г. М. 1969. Раннепротерозойский магматизм Приладожья. Автореф. докт. дисс. Л.  
 Семенов Н. П. 1958. Геология СССР. 5. Госгеолтехиздат, стр. 65—88.  
 Семенов Н. П. 1965. В кн.: Геохронология докембрия Украины. «Наукова думка», стр. 174—181.  
 Тяпкин К. Ф., В. А. Нечаев, В. Д. Харитонов, В. М. Беланов, Г. Е. Козубская и др. 1966. Геотектоника, 2, стр. 72—82.  
 Шульц С. С. 1964. МГК, XXII сессия. Доклады советских геологов. Проблема 4. «Наука», стр. 147—153.  
 Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.

А. Ф. ГРАЧЕВ

### ТРЕЩИНОВАТОСТЬ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

В течение трех полевых сезонов (1967—1969) автор занимался изучением рельефа, структуры и вулканизма Байкальской рифтовой зоны. Одним из методов, способствующих решению данной проблемы, явился анализ трещиноватости горных пород, слагающих как фундамент, так и чехол. Особое внимание было уделено трещиноватости вулканических пород — формации щелочных оливиновых базальтов, образование которых тесно связано с процессом рифтогенеза. Замеры трещиноватости проводились в северо-восточной части Байкальской рифтовой зоны (хр. Удокан, Чарская впадина и хр. Кодар, составляющие Чарский рифт), и в юго-западной части (хр. Хамар-Дабан, Тункинская впадина и Тункинский хр., составляющие Тункинский рифт), т. е. в тех частях Байкальской рифтовой зоны, где характерны проявления вулканизма. Всего было сделано около 4000 замеров, которые были дополнены изучением линеаментов по снимкам с космического корабля «Союз-9» (290 замеров). Данная статья посвящена, главным образом, двум вопросам: выяснению основных закономерностей ориентировки трещин в породах различного возраста и состава и особенностям трещиноватости вулканогенных пород.

#### Трещиноватость пород Чарского рифта

В пределах Чарского рифта преимущественным развитием пользуются магматические и метаморфические породы докембрия, слагающие кристаллический фундамент хр. Кодар и Удо-

кан, локально развиты осадочные отложения средней — верхней юры и на хр. Удокан широко распространены вулканогенные образования, представленные базальтами. Замеры трещин производились во всех этих толщах.

Гранитоиды кодарского комплекса нижнепротерозойского возраста представлены, главным образом, амфиболовыми и биотитовыми гранитами, слагающими огромный массив в пределах хребтов Кодар и Удокан. Во всех изученных обнажениях отмечаются две системы крутопадающих, почти вертикальных трещин, и одна система пологопадающих, близких к горизонтальным, трещин. Преобладают северо-восточные и северо-западные направления, ориентировка которых меняется в пределах ЗСЗ 280° — СЗ 325° и СВ 25—45° (рис. 1). В трех обнаже-

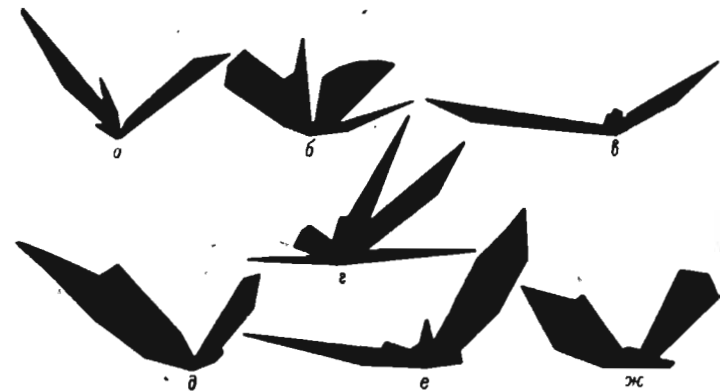


Рис. 1. Розы-диаграммы трещиноватости гранитов нижнего протерозоя хр. Кодар и Удокан.

а — обн. 501, р. Аспат, хр. Кодар; б — обн. 619, оз. Куас, хр. Удокан; в — обн. 552, р. Аспат, хр. Кодар; г — обн. 629, р. М. Саукан, хр. Удокан; д — обн. 614, оз. Куас, хр. Удокан; е — обн. 616, оз. Куас, хр. Удокан; ж — сводная для гранитов хр. Удокан.

ниях (см. рис. 1 в, г, е) отмечается третье восточно-западное направление. Сводная роза для всех гранитов (см. рис. 5 г) показывает расщепленный северо-западный луч со средним направлением СЗ 306° (60%) и четкий северо-восточный луч с направлением СВ 43° (40%).

Метаморфические породы удоканской серии нижнего протерозоя представлены кварцито-песчаниками, филлитами, мраморами, кварцитами, залегание которых, главным образом, горизонтальное или моноклиналиное. Трещиноватость в породах удоканской серии прекрасно выражена и обнаруживает все признаки, свойственные литогенетической трещиноватости. Замеры трещин производились по левобережью р. Аспат, где породы залегают почти горизонтально или падают на СВ под углом 10—20°. Как видно из рис. 2 (г, д, е), во всех обнаже-

ниях четко выделяются две системы вертикальных трещин: СЗ 285° и СВ 15—30°. Сводная роза дает лучи СЗ 284° (51%) и СВ 20° (49%).

Осадочные породы средней — верхней юры хр. Кодар представлены песчаниками, аргиллитами, гравелитами и конгломератами, залегающими с небольшими углами падения (до 10°), и лишь в зоне контакта с нижнепротерозойскими гранитами и породами удоканской серии сильно нарушены, смяты в складки, опрокинуты в зоне Апсатского надвига и имеют крутые углы падения. Юрские отложения слагают мезозойскую депрес-

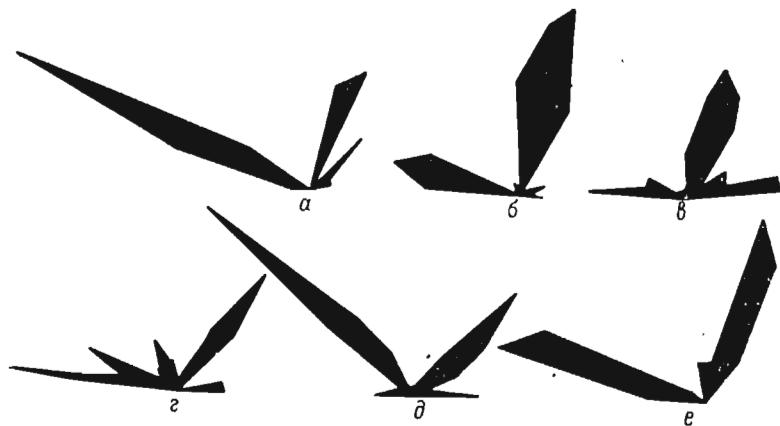


Рис. 2. Розы-диаграммы трещиноватости метаморфических пород удоканской серии нижнего протерозоя и осадочных пород средней — верхней юры.

а, б, в — обнажения юрских пород (соответственно 571, 560, 554); г, д, е — обнажения протерозойских пород (соответственно 550, 549, 602).

сию, частично сохранившуюся от разрушения во время рифтогенеза. Трещиноватость в юрских отложениях прекрасно выражена. Во всех случаях (см. рис. 2а, б, в) отмечаются две четко выраженные системы трещин, однако ориентировка их относительно друг друга меняется. В двух обнажениях (см. рис. 2, а, в) породы падают на В 90°/8 и ВСВ 70°/10, а в третьем залегают горизонтально.

Трещиноватость в обн. 571 и 554 (см. рис. 2) является диагональной по отношению к падению пород, и если повернуть розу обн. 554 на 20° против часовой стрелки (т. е. представить себе разворот пластов таким образом, чтобы они имели падение, аналогичное падению обн. 571), то лучи роз (обн. 554 и 571) совместятся. Таким образом, разница в направлениях простираний трещин этих обнажений объясняется различным положением в структуре мезозойской синклинали. Сводная роза юрских отложений также двухлучевая (СЗ 291° и СВ 31°).

Вулканогенные породы представлены оливиновыми щелочными базальтами и трахитами среднечетвертичного и верхнечетвертично-голоценового возраста, развитыми в пределах хр. Удокан. Среднечетвертичные базальты слагают обширный покров в сводовой части хр. Удокан площадью около 2500 км<sup>2</sup>; максимальная мощность базальтов достигает 800—1000 м в верховьях р. Канксы. Покров базальтов состоит из отдельных потоков, мощность которых колеблется от 1,5—2,0 м до 30—40 м. Базальты залегают горизонтально, либо с небольшими углами падения (первые градусы), обусловленными общим изгибанием хр. Удокан. Исключение составляют самые нижние потоки плато-базальтов, которые заполняли достаточно расчлененный рельеф, существовавший до начала эффузивной деятельности. Излияние базальтов связано с широким развитием даек (рои даек) в сводовой части хр. Удокан, общее простирание которых совпадает с простиранием хребта.

Трещиноватость, хорошо развитая в базальтах, может быть подразделена на три типа: вертикальная трещиноватость в виде хорошо развитой столбчатой отдельности и отдельности глыбового типа и горизонтальная трещиноватость в виде плитчатой отдельности. Первые два типа широко развиты и являются доминирующими, третий тип встречается значительно реже.

Трещиноватость с хорошо выраженной столбчатой отдельностью была встречена в базальтах среднечетвертичного возраста на р. В. Ингамакит, в районе оз. Амутичи и в потоках базальтов верхнечетвертичного возраста по одному из левых притоков р. Эймнах. И в том, и в другом случае базальты относятся к долинным, они залегают на аллювии: в первом случае среднечетвертичного возраста, во втором — верхнечетвертичного. Кроме того, хорошо выраженная столбчатая отдельность была описана в базальтах жерловой фации, выполняющих мощную дайку (до 100 м) в районе оз. Куас. Важно отметить, что в потоках базальтов, слагающих покров хр. Удокан, столбчатая отдельность встречается крайне редко и выражена очень плохо: столбы только как бы намечены.

Столбчатая отдельность долинных базальтов характеризуется следующими признаками:

1) в большинстве случаев столбы перпендикулярны к плоскостям напластования; это особенно типично для нижней части потока, а в случае мощного потока (порядка 20—30 м) часто наблюдается искривление столбов при приближении к кровле. В одном месте, к северо-востоку от оз. Амутичи, в долине р. В. Ингамакит наблюдалась сложная отдельность веерообразной формы: столбы ближе к кровле потока расходятся в разные стороны и их залегание (по отношению к подошве) меняется от вертикального до горизонтального. Наблюдения над веерообразной столбчатой отдельностью в разных срезах

показывают, что общая форма отдельности базальтов напоминает цветок распутившейся лилии;

2) столбчатая отдельность в потоках разной мощности выражена неодинаково. В маломощных потоках (до 5—6 м) столбы четко выражены от подошвы до кровли, а в мощных потоках наблюдается разделение на нижнюю часть (колоннаду) и верхнюю (антаблемент).

В нижней части столбы имеют правильную форму и хорошо выражены, а в верхней части столбчатая отдельность вырождается. Такая особенность, впервые установленная Томкеевым (Tomkoeff, 1940), отмечена многими исследователями и является одной из закономерностей развития столбчатой отдельности;

3) какой-либо зависимости высоты и мощности столбов, а также формы в поперечном срезе от мощности потоков не наблюдается. В среднем в поперечнике столбчатая отдельность имеет размер 0,5—0,7 м, а высота столбов меняется от 2—3 м до 10—15 м;

4) довольно часто наблюдается закручивание столбов вдоль оси при сохранении перпендикулярности к подошве пласта.

Столбчатая отдельность в базальтах жерловой фации (дайки, некки) хорошо развита, и столбы залегают под углом к плоскости контакта. Прекрасная обнаженность дайки в районе оз. Куас (обн. 625) дает возможность проследить изменение залегания столбов снизу вверх. При залегании плоскости контакта аз. пад. ЮВ  $230^\circ \angle 60$  падение столбов меняется от В  $90^\circ \angle 54$  в нижней части до ЮВ  $122^\circ \angle 30$  в верхней части. При приближении к зоне контакта азимут падения остается прежним, а угол падения увеличивается до  $70-75^\circ$ . Следует, однако, отметить, что столбчатая отдельность в базальтах даек мощностью которых невелика (2—3 м), слабо выражена.

Как показало статистическое изучение формы поперечного сечения столбчатой отдельности в базальтах, она в большинстве случаев имеет тетрагональную форму. Пентагональная и гексагональная форма столбов встречается реже.

Трещиноватость базальтов с неразвитой столбчатой отдельностью или трещиноватость глыбового типа наиболее распространена и отмечается для всех потоков, слагающих толщу плато-базальтов хр. Удокан. Лучше всего она выражена в нижней части потоков, представленных массивными базальтами и слабо развита в верхней части, сложенной шлако-базальтами и аглютинатами. Эти трещины перпендикулярны к подошве потока и на границе двух потоков заканчиваются, т. е. они по своей морфологии напоминают литогенетическую трещиноватость осадочных пород. Трещиноватость лучше выражена в густота ее больше в потоках меньшей мощности; как правило трещины открытые (от 0,5 до 2—3 см).

И, наконец, третий тип трещиноватости относится к горизонтальным трещинам, имеющим вид плитчатой отдельности. Он был встречен всего в нескольких местах. По внешнему облику трещиноватость этого типа напоминает кливаж: базальты серий горизонтальных трещин разбиты на плитки, мощность которых не более 10 см, а в среднем 5—6 см, причем границы отдельных плиток далеко не прослеживаются. Вертикальные трещины хотя и присутствуют, развиты слабо или вообще не выражены.

Рассмотрим закономерности ориентировки трещин в базальтах среднечетвертичного возраста.

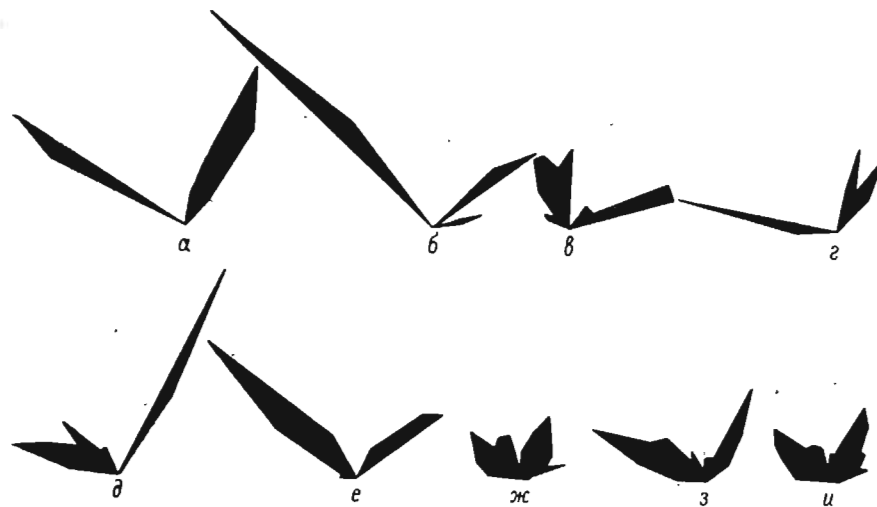


Рис. 3. Розы-диаграммы трещиноватости среднечетвертичных базальтов хр. Удокан.

а, б, в, г, д, е, ж, з — обнажения 507, 509, 519, 524, 605, 528, 624, 629; и — сводная по среднечетвертичным базальтам.

Как показано на рис. 3, все розы имеют два луча, свидетельствующих о наличии двух систем трещин северо-восточного и северо-западного простирания. Отклонения лучей северо-восточного и северо-западного простирания отдельных обнажений имеют диапазон колебаний в пределах в среднем  $15-20^\circ$ , что говорит о выдержанности ориентировки. Сводная роза дает следующие направления: СЗ  $308^\circ$  (52%) и СВ  $38^\circ$  (48%).

Для базальтов верхнечетвертичного возраста замеры произвелись в потоках, образовавшихся в связи с деятельностью безымянного вулкана, расположенного недалеко от вулкана Чепе. Замеры были сделаны дважды в одном потоке на расстоянии 30 м друг от друга. Розы трещиноватости отличаются друг от друга. В одном случае (рис. 4а) роза имеет два



луча СЗ 291° и С 358°, в другом (см. рис. 4 б) — три СЗ 290°, СЗ 330° и СВ 40°. Сводная роза дает лучи СЗ 290° (40%), СЗ 330° (25%) и СВ 10° (35%). Интересно отметить, что для первого обнажения характерна столбчатая отдельность в виде тетрагональной призмы, а для второго — в виде гексагональной.

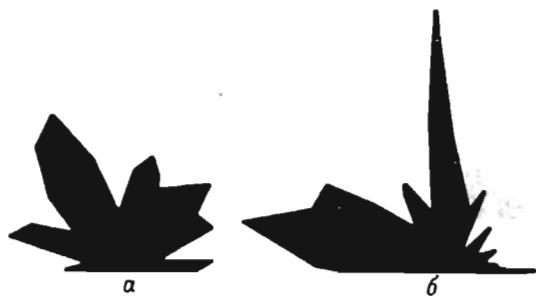


Рис. 4. Розы-диаграммы трещиноватости верхнечетвертичных базальтов хр. Удокан. а — обн. 645; б — обн. 645.

Общие закономерности ориентировки трещин в породах Чарского рифта видны из табл. 1 и рис. 5, где приведены средние значения азимуты простирания. Из таблицы видно, что за

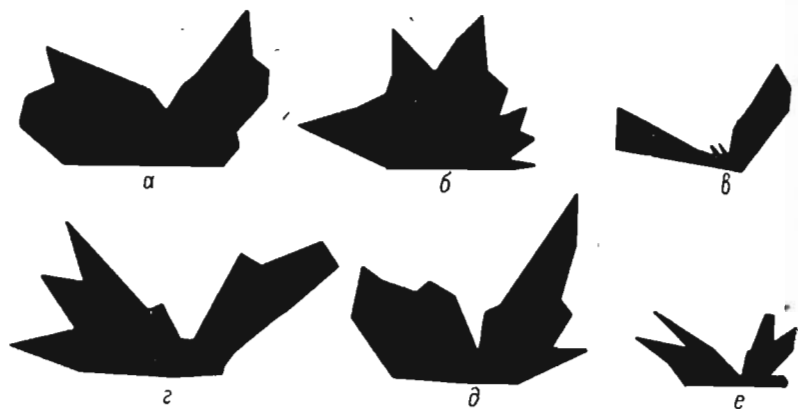


Рис. 5. Сводные розы-диаграммы трещиноватости пород Чарского рифта.

а — все породы; б — верхнечетвертичные базальты; в — метаморфические породы нижнего протерозоя; г — граниты нижнего протерозоя; д — среднечетвертичные базальты; е — средне-верхнеюрские породы.

одним исключением (базальты верхнечетвертичного возраста) в породах развиты две системы трещин северо-восточного и северо-западного направления. Сравнение полученных направлений для пород различного возраста и состава, как и сравнение их с системами сводной розы, показывает, что близкие про-

Таблица 1

Средние направления трещиноватости горных пород Чарского рифта.

Возраст и состав пород	Колич. замеров	Выделенные системы, град.	
		I	II
Граниты нижнего протерозоя хр. Удокан . . . . .	224	304 (55)	36 (45)
Граниты нижнего протерозоя хребтов Удокан и Кодар . . . . .	324	306 (60)	43 (40)
Метаморфические породы удоканской серии нижнего протерозоя хр. Кодар . . . . .	180	284 (51)	20 (49)
Осадочные отложения средне-верхней юры хр. Кодар . . . . .	183	291 (59)	31 (41)
Базальты среднечетвертичного возраста хр. Удокан . . . . .	640	308 (52)	38 (48)
Базальты верхнечетвертичного возраста хр. Удокан . . . . .	250	I—290 (40) II—330 (25)	III—10 (35)
Сводная роза по всем породам Чарского рифта . . . . .	1579	305 (53)	37 (47)

Примечание. В табл. 1 и 2 в скобках приводится процентная выраженность данного направления от общего числа замеров трещин.

стирания имеют гранитоиды нижнего протерозоя и базальты среднечетвертичного возраста. Системы трещин в метаморфических породах удоканской серии нижнего протерозоя и в осадочных отложениях средней — верхней юры смещены в целом против часовой стрелки, однако величина этого смещения составляет всего 10—15°. Для дальнейшего обсуждения уместно отметить, что и те, и другие расположены в зоне Апсатского рифтогенного надвига.

Таким образом, можно говорить о выдержанности простираний трещин в породах Чарского рифта независимо от их возраста и состава. Исключение составляют базальты верхнечетвертичного возраста.

### Трещиноватость пород Тункинского рифта

Под Тункинским рифтом мы понимаем систему Тункинских впадин и ограничивающие их хребты — Тункинский с севера и Хамар-Дабан с юга. Изучение трещиноватости проводилось в породах, слагающих фундамент (граниты, гнейсы, мраморизированные известняки докембрия), третичных и четвертичных базальтах, образующих рифтовый комплекс. Большинство замеров в породах фундамента было проведено в зоне Тункинского линеамента, отделяющего Тункинский хребет от одноименной

впадины. Для вертикальных трещин строились розы-диаграммы простираний трещин, а обработка замеров наклонных трещин велась на стереографической сетке В. Шмидта с построением круговых диаграмм.

Граниты саянского комплекса (верхний протерозой?) изучались в районе Ниловского отрога, к северу от него (р. Хубуты) и восточнее Еловского отрога по р. Цаган-Угун. Граниты представлены биотитовыми, роговообманковыми и микроклиновыми разностями и характеризуются четко выраженными вертикальными и крутопадающими трещинами. В гранитах, развитых в районе Ниловского отрога и р. Цаган-Угун (рис. 6)

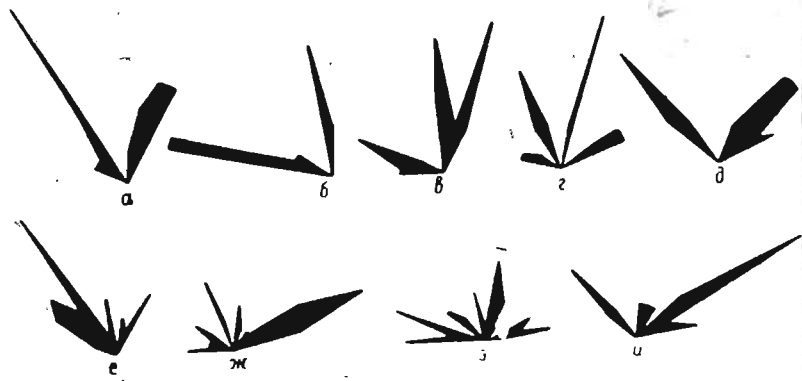


Рис. 6. Розы-диаграммы трещиноватости пород фундамента Тункинского рифта.

а, б, в, ж, з, и — верхнепротерозойские граниты; д, е — мраморизованные известняки нижнего протерозоя.

хорошо выделяются 4 системы трещин<sup>1</sup> (ССВ 5—15°, СВ 55—60°, СЗ 315—340° и ЗСЗ 270—290°), а в гранитах по р. Хубуты (см. рис. 6) выделяются две системы: СВ 25° и СЗ 330°.

Мраморизованные известняки иркутской свиты нижнего протерозоя были изучены по р. Кхер (к северу от пос. Хойтогол), по р. Б. Зангисан (хр. Хамар-Дабан), в районе курорта Аршан и к северу от него по р. Кынгарге. В двух случаях наблюдаются две четко выраженные системы как вертикальных, так и наклонных (рис. 7) трещин, имеющих направление СВ 35—45° и СЗ 305—322°. К северу от Аршан (см. рис. 7 е) те же мраморизованные известняки имеют четыре направления: СВ 10°, СВ 60°, СЗ 325°, В 85°.

Большой интерес представляют наблюдения по р. В. Курма, в зоне Главного Саянского разлома, простирание которого 310—320°. Здесь, в 3 км от устья р. В. Курма, в ее русле обна-

<sup>1</sup> Залегание наклонных трещин пересчитано на простирание.

жаются породы (видимая мощность около 40 м), имеющие необычный облик: в карбонатной массе с явными следами пластического течения заключены обломки пород овальной формы различного состава: граниты, гнейсы, сланцы, амфиболиты, размер которых меняется от 0,1 до 50 см. Хорошо заметно, что карбонатный цемент обтекает все включения, расположенные беспорядочно. Эти породы не могут быть отнесены к милонитам, которые показываются в зоне разлома на геологической карте, ввиду того, что для милонитов (как и катаклазитов, тектонических брекчий и др.) не характерно явление истечения, связанное с присутствием пластического базиса (Белостоцкий, 1970). Этот признак позволяет рассматривать их как меланж.

Замеры трещиноватости меланжа дали следующие направления (см. рис. 7 ж): СЗ 285° и ССЗ 350°. Одно из направлений трещин ССЗ 350° совпадает с ориентировкой флюиальности—СЗ 340°, другое является диагональным.

Сводная роза вертикальных трещин пород фундамента (рис. 9 б) показывает три основных направления: 316° (40%), 21° (40%) и 65° (20%); сводная круговая диаграмма наклонных трещин (рис. 7 з) дает близкие значения: 318°, 18° и 76°.

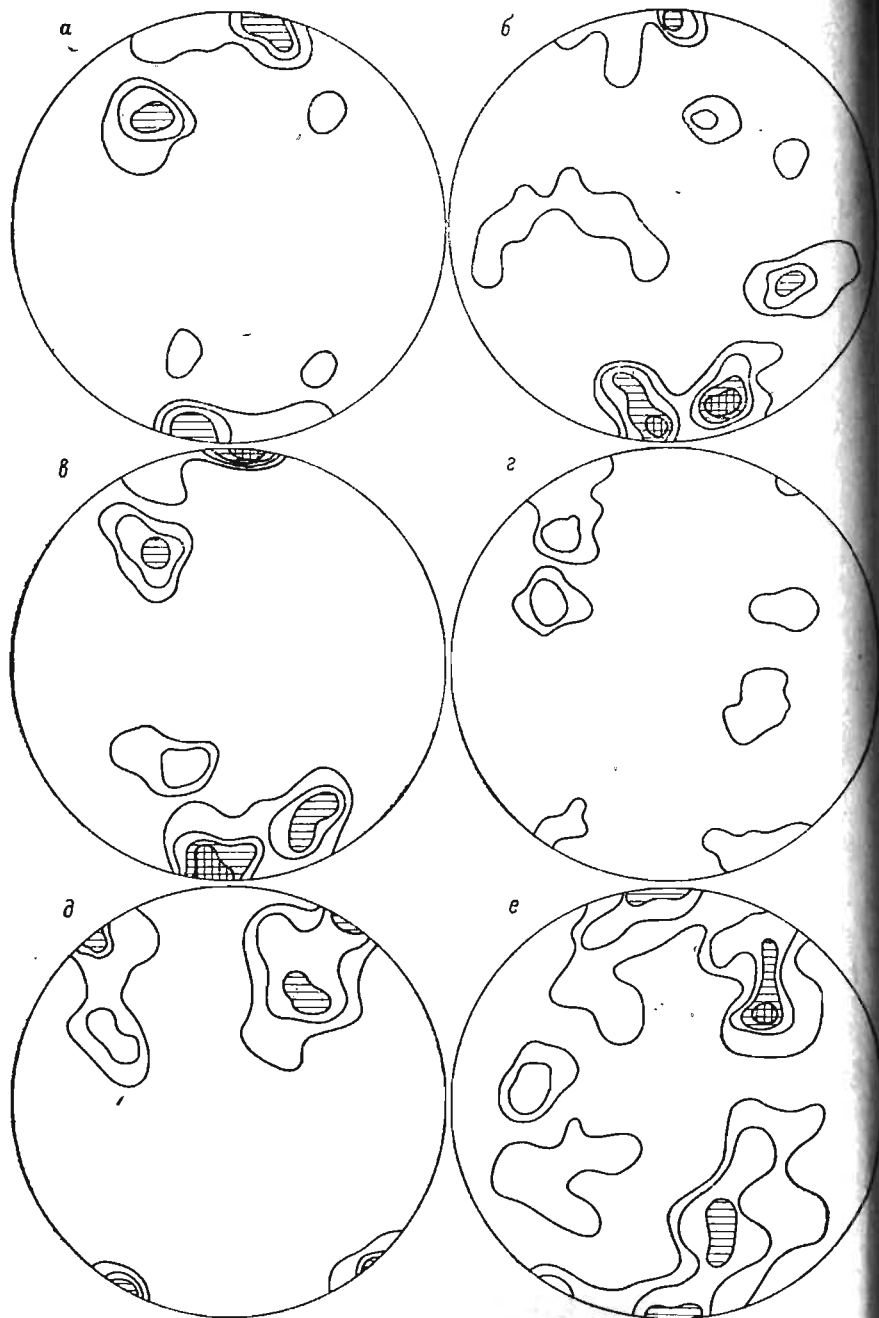
Вулканогенные породы неоген-четвертичного возраста представлены базальтами, химический состав которых мало меняется. Они развиты широко в пределах хр. Хамар-Дабан (только миоценовые базальты) и в Тункинской впадине (миоценовые и плиоцен-четвертичные базальты). Большинство замеров относятся к базальтам эффузивной (лавовой) фации, наиболее распространенной. Морфология трещиноватости базальтов Тункинского рифта имеет много общего с трещиноватостью базальтов Чарского рифта, поэтому на них мы не будем останавливаться.

Рассмотрим закономерности ориентировки трещин в базальтах.

На рис. 8 приведены розы трещин базальтов миоценового возраста, которые, как правило, дают три основных направления. Эти направления достаточно хорошо выдерживаются для обнажений, далеко расположенных друг от друга (десятки и сотни километров). Как показывает сводная роза-диаграмма (рис. 9 в), простирание указанных трех систем следующее: СЗ 306° (33%), ССВ 14° (42%), СВ 79° (25%).

Базальты плиоцен-четвертичного возраста развиты только в пределах Еловского отрога и относятся ко второй фазе вулканизма Тункинского рифта. Как и миоценовым базальтам, базальтам плиоцен-четвертичного возраста (см. рис. 8) свойственны три системы трещин, имеющих следующие основные направления (см. рис. 9, табл. 2): СЗ 300° (21%), СЗ 352° (48%) и СВ 60° (31%).

При сопоставлении ориентировки систем трещин миоцено-



вых и плиоценовых базальтов видно, что роза плиоценовых базальтов как бы сдвинута против часовой стрелки относительно розы миоценовых базальтов и все системы смещены в среднем на  $20^\circ$ . Сводная роза для всех базальтов Тункинского рифта дает также три системы: СЗ  $311^\circ$  (32%), ССВ  $5^\circ$  (27%) и СВ  $68^\circ$  (41%).

Итак, мы видим (табл. 2), что в породах Тункинского рифта независимо от возраста и состава в целом выделяются три основных направления. Наиболее выдержанным оказывается северо-западное и восток-северо-восточное направления со средними азимутами СЗ  $314^\circ$  и ВСВ  $76^\circ$ . Третье направление (близкое к меридиональному) несколько менее выдержано и имеет средний азимут ССВ  $10^\circ$ .

Большой интерес представляет сопоставление полученных основных направлений трещиноватости горных пород с линейными элементами Тункинского рифта. Эти линейные элементы изучались по снимкам, полученным с космического корабля «Союз-9», и изображены на рис. 10. Ввиду того, что масштаб снимков достаточно мелкий, то естественно, что в рельефе отражаются только наиболее крупные разрывные нарушения, длина которых во всяком случае не менее 15—30 км.

На рис. 10а показаны линейные элементы к западу и юго-западу от оз. Байкал, а на рис. 10б — линейные элементы к востоку от оз. Хубсугул. Эти два рисунка незначительно перекрывают друг друга. Соответствующие розы приведены на рис. 11. По району, прилегающему к Байкалу, получены три основных направления:

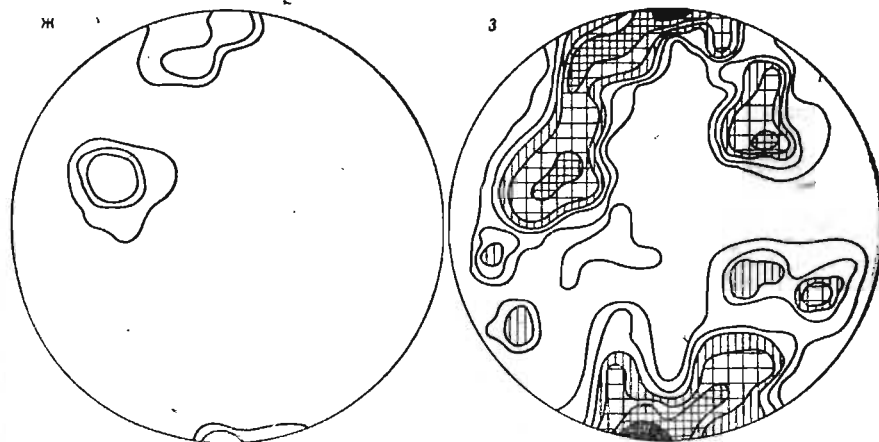


Рис. 7. Круговые диаграммы наклонных трещин пород фундамента Тункинского рифта.

а, б, в, г — верхнепротерозойские граниты; д, е — мраморизованные известняки нижнего протерозоя; ж — меланж зоны Главного Саянского разлома; з — сводная диаграмма по всем наклонным трещинам.

## Средние направления трещиноватости горных пород Тункинского рифта

Возраст и состав пород	Коллич. замеров	Выделенные системы, град.		
		I	II	III
Граниты и мраморизованные известняки нижнего протерозоя (вертикальные трещины) . . . . .	274	316 (40)	21 (40)	65 (20)
Граниты и мраморизованные известняки нижнего протерозоя (наклонные трещины) . . . . .	700	318	18	76
Миоценовые базальты . . . . .	800	311 (32)	5 (27)	68 (41)
Плиоцен-четвертичные базальты Еловского отрога . . . . .	250	285 (21)	352 (48)	60 (31)
Базальты миоценового и плиоцен-четвертичного возраста . . . . .	1100	311 (32)	5 (27)	68 (41)
Все породы . . . . .	2000	314 (38)	10 (44)	76 (18)

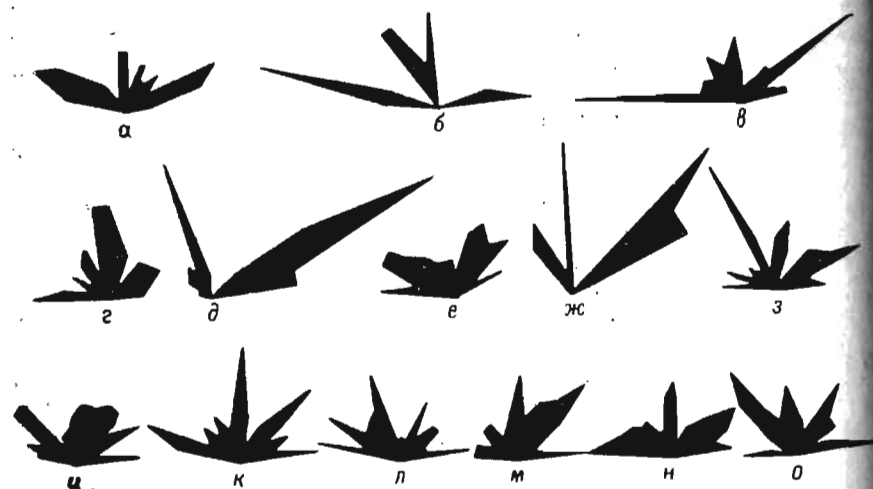


Рис. 8. Розы-диаграммы трещиноватости базальтов Тункинского рифта. а, б, в, д, е, ж, и, к, л, м, н, о — миоценовые базальты (соответственно обн. 769, 730, 735, 706, 742, 712, 757, 727, 774, 738, 740); г, з — плиоцен-четвертичные базальты Еловского отрога.

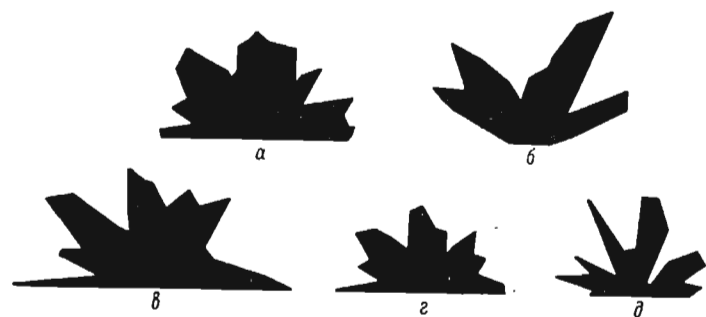


Рис. 9. Сводные розы-диаграммы трещиноватости пород Тункинского рифта.

а — по всем породам; б — по породам фундамента; в — для миоценовых базальтов; г — для всех базальтов; д — плиоцен-четвертичные базальты Еловского отрога.

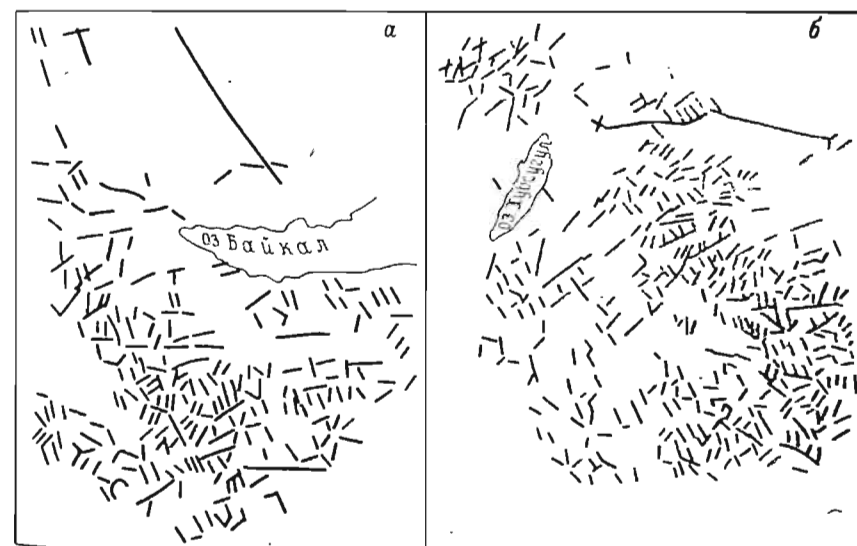


Рис. 10. Карта линеаментов Юго-Западного Прибайкалья (а) и Северной Монголии (б), составленная по результатам дешифрирования снимков с космического корабля „Союз-9“.

СЗ 338° (50%), СВ 29° (15%), ВСВ 78° (35%), причем доминируют северо-западные и восток-северо-восточные лучи. При сопоставлении со сводной розой трещиноватости пород Тункинского рифта видно, что восток-северо-восточные лучи совпадают полностью, разница в направлениях северо-восточных и северо-западных лучей составляет 15—20°.

Линеаменты области, лежащей к востоку от оз. Хубсугул, характеризуются двумя системами трещин: СЗ 318° (33%) и СВ 25° (67%), третья система (восток-северо-восточная) отсутствует.

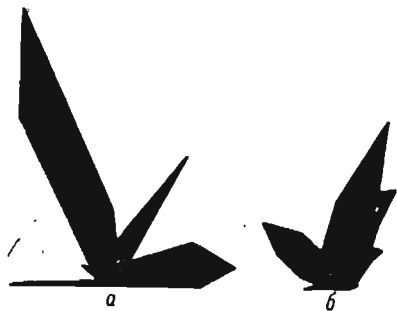


Рис. 11. Розы-диаграммы линеаментов.

а — Юго-Западное Прибайкалье, б — Северная Монголия.

При сравнении линеаментов Прибайкалья и Северной Монголии (рис. 10) надо иметь в виду, что охваченные снимками территории не совпадают, и значительная часть Северной Монголии лежит вне зоны рифтогенеза.

В Юго-Западном Прибайкалье выделяются разломы трех направлений: северо-западного (саянского), северо-восточного (байкальского) и восточно-западного, которое мы будем называть тункинским. Эти три направления четко выделяются в трещиноватости фундамента Тункинского рифта и его линеаментов

(рис. 9 б; 11 а). Следует особо обратить внимание на восточно-западное направление (тункинское). Во-первых, этому направлению соответствует простираание Тункинского рифта и ему следует в значительной части Тункинский линеамент, хорошо просматривающийся в северо-восточной части (см. рис. 10 б). Во-вторых, при наземных маршрутах и аэровизуальных наблюдениях в сводовой части хр. Хамар-Дабан было выявлено значительное число даек (до 5—6 на 1 км<sup>2</sup>), имеющих общее простираание СВ 60—70°. С ними связано излияние обширных покровов лав, покрывающих хр. Хамар-Дабан.

#### Сравнение трещиноватости пород Чарского и Тункинского рифтов и некоторые общие закономерности

Анализ данных табл. 1 и 2 показывает, что породы, развитые в пределах Чарского рифта, характеризуются двумя четко выраженными системами трещин, а в Тункинском рифте — тремя. И в Чарском, и в Тункинском рифтах они выдерживаются независимо от возраста и состава пород и наиболее четко это видно при сравнении трещиноватости гранитоидов и ба-

зальтов Чарского рифта и трещиноватости фундамента (граниты и мраморизованные известняки) и базальтов Тункинского рифта. Трещиноватость вулканогенных пород должна быть особо отмечена.

Если образование самих трещин в вулканогенных породах всеми исследователями единодушно связывается с процессом охлаждения быстро затвердевающей, но еще горячей лавы, приводящему к сокращению объема породы и растрескиванию, то вопрос об ориентировке возникающих трещин, насколько известно автору, в литературе не обсуждался. Полученные материалы, кажется, показывают, что образующиеся в процессе охлаждения лав трещины оказываются закономерно ориентированными относительно стран света. Это заставляет признать, что ориентировка трещин вулканогенных, как и осадочных пород, обусловлена не местными, а планетарными причинами (Шульц, 1966, 1969, 1971). Важность этого вывода очевидна и необходимо выявлять закономерности ориентировки трещин в вулканогенных породах разного возраста и удаленных друг от друга, и одинакового возраста, но близко расположенных.

Сравнение полученных основных направлений трещиноватости с различными элементами современной структуры рифтов дало интересные результаты. Оказывается, что рифтогенные разломы, такие, как Тункинский, Кодарский, являющиеся крупнейшими линеаментами Байкальской рифтовой зоны, в плане образуют отдельные сегменты, простираание которых совпадает с простираанием трещин в фундаменте. В этой связи интересен и тот факт, что большинство палеосейсмодислокаций ориентировано согласно простираанию трещиноватости. Таким образом, можно прийти к заключению, что разрядка возникающих в земной коре напряжений обуславливается существующей первичной анизотропией. И хотя все рифтовые зоны являются структурами не унаследованными, детали их планового рисунка определяются существовавшей до начала рифтогенеза анизотропией земной коры. И S-образную форму Байкальской рифтовой зоны надо связывать не с движением клина Сибирской платформы к югу, как полагают некоторые исследователи, а скорее с анизотропией фундамента, обусловленной трещиноватостью. Аналогичные мысли для Африканской рифтовой зоны уже давно высказывал Дикси (1959), а недавно — Брок (Brock, 1966).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Белостоцкий И. И. 1970. В кн.: Очерки структурной геологии сложноподислоцированных толщ. «Недра», стр. 170—191.  
 Дикси Ф. 1959. Великие Африканские разломы. ИЛ.  
 Шульц С. С. 1966. Геотектоника, 2, стр. 36—42.  
 Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—89.

- Шульц С. С. 1971. Геотектоника, 4, стр. 6—14.  
 Вгоск В. В. 1966. The World Rift System. Geol. Survey Canad. Paper 66—14, стр. 99—123.  
 Tomkiew S. I. 1940. The basalt lavas of the Giant's Causeway district of Northern Ireland. Bull. Volcanologique, 6, стр. 89—143.

Б. Н. МОЖАЕВ

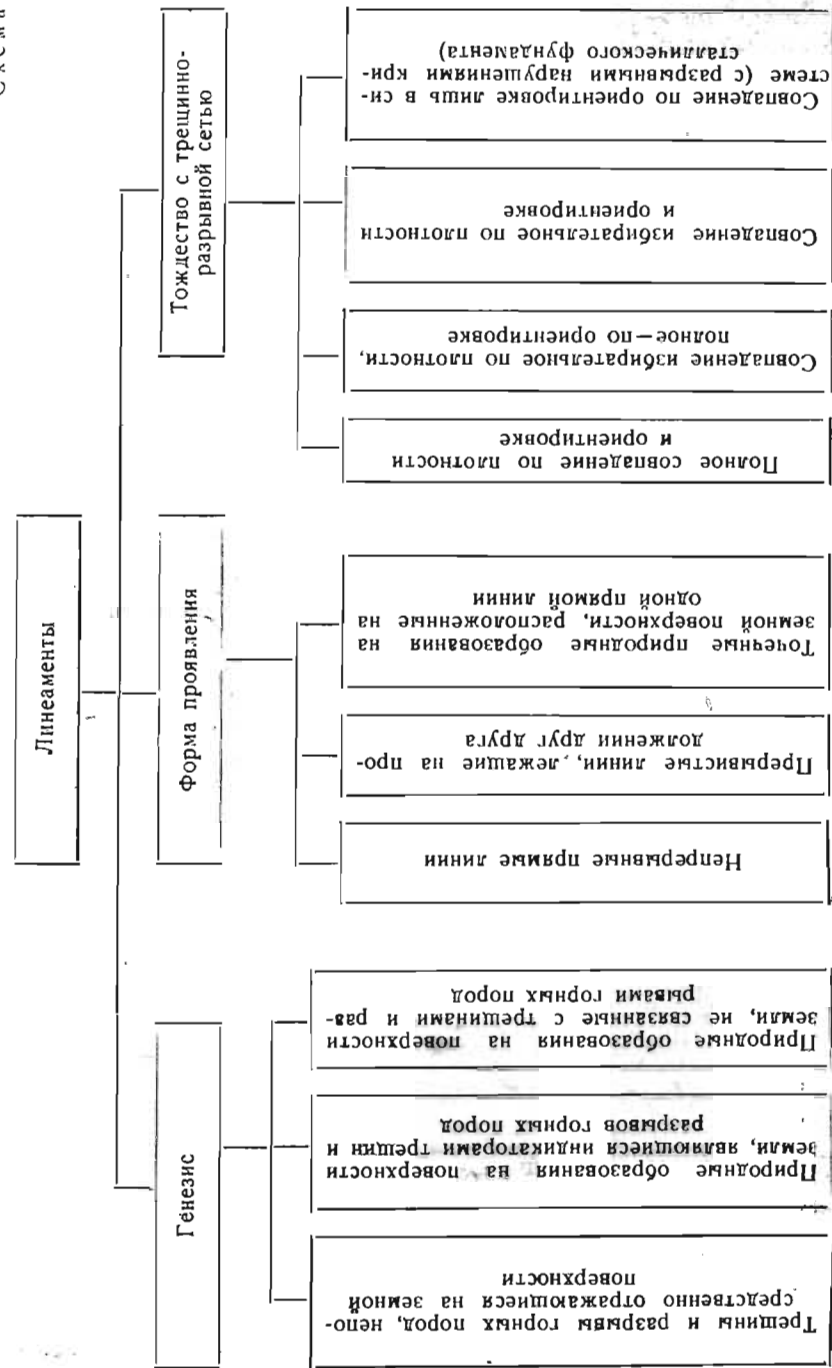
## К ВОПРОСУ О ПРИРОДЕ ЛИНЕАМЕНТОВ

Линеаменты исследуются с различными целями: для изучения планетарной трещиноватости (Шульц, 1964, 1969; Методические указания... , 1965), для расшифровки структуры осадочного чехла, в частности, для поисков локальных поднятий (Гольбрайх и др., 1968; Полканова, 1968 и др.), для выявления степени преемственности между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом (Иванова, Можаяев, 1969; Можаяев, Иванова, 1969).

При решении названных задач исследуются ориентировка и количество линеаментов на единицу площади (густота, или плотность). При этом корректными могут быть только результаты, основанные на большом количестве замеров. Особо значительна при этом роль материалов аэрофотосъемки, которые объективно отражают линеаменты и позволяют «собирать необходимый материал в массовом количестве, быстро исследуя обширнейшие пространства земной поверхности» (Методические указания... , 1965, стр. 20). Однако многое в природе линеаментов еще не ясно. Опыт их изучения в северо-западной части Русской платформы и анализ литературы по предмету позволяют вынести для обсуждения следующие положения.

Согласно определению Хоббса, линеаменты — это трещины и разрывы, непосредственно проявляющиеся на земной поверхности, или их индикаторы (схема). Однако приходится констатировать, что на поверхности земли имеются также прямолинейные природные образования, не связанные с трещинно-разрывными нарушениями (грядовые пески пустынь, серии береговых валов на берегах морей, водно-ледниковые образования областей оледенения и т. п.). Строго говоря, они не должны относиться к линеаментам, но вопрос об отсутствии связи этих образований с трещинно-разрывной сеткой не всегда решается однозначно. Известен пример соответствия ориентировки озовых гряд и грядово-мочажинных комплексов болот направлению трещин в пермских породах на территории Архангельской области (Багрова, Кирушкин, 1964). Отсюда следует, что вопрос о генезисе прямолинейных природных образований должен решаться непосредственно для каждого района одновременно со сбором статистических материалов о линеаментах.

Схема



Линеаменты проявляются в следующих формах:

— природные образования в виде непрерывной прямой линии (на материалах аэрофотосъемки вследствие проекции прямолинейного нарушения на сложную дневную поверхность линеаменты могут быть представлены в форме изогнутых линий);

— природные образования в виде прерывистых линий, лежащих на продолжении друг друга;

— точечные природные образования, расположенные на одной прямой линии.

Конкретные проявления линеаментов, особенно линеаментов-индикаторов, очень многообразны и зависят от природных условий. Так, в пустынях Туркмении на поверхности такыра разрыв фиксируется отдельно расположенными песчаными косами, образовавшимися у кустов саксаула, питающихся грунтовыми водами, поступающими по разлому (Мирошниченко, 1958). В Западной Сибири линеаменты проявляются цепочками лесистых островов и полос древесной растительности на фоне заболоченной низменности, спущенными по одной линии озерами, полосами поглощения болотных вод и т. д. (Полканова, 1968).

Наблюдается несколько случаев тождества линеаментов и трещинно-разрывной сетки.

Во-первых, все трещины и разрывы отражаются на поверхности земли в виде линеаментов. Это обычно отмечается в обнаженных районах. Крупномасштабные аэрофотоснимки позволяют без наземных работ набрать достаточное количество наблюдений.

Во-вторых, линеаменты отражают часть трещинно-разрывных нарушений всех существующих направлений. Приведем один пример. В западной части Ижорской возвышенности, в районе дер. Молосковицы, горизонтально-слоистые массивные известняки кегельского горизонта ордовика разбиты вертикальными трещинами, четко группирующимися в две системы: СЗ 303° и СВ 41°. В карьерах, что севернее деревни, густота трещин 1—2 на каждый метр. Известняки перекрыты опесчаненной коричнево-бурой мореной с большим количеством обломков известняка мощностью 0,5—1,15 м. Участок в основном распан.

На аэрофотоснимках осеннего аспекта (время съемки конец сентября) пашни передаются фотоизображением серого тона. На них отчетливо видны более темные тонкие прямолинейные полосы-линеаменты. Ни в рельефе, ни в мощности рыхлых отложений они не выражены. Измерение их ориентировки свидетельствует о хорошем совпадении с системами трещиноватости: СЗ 295° и СВ 52°. Вместе с тем количество видимых на аэро-снимках линеаментов во много раз меньше количества трещин, секущих породы кегельского горизонта. Кроме того, линеаменты в районе Молосковиц расположены неравномерно, в частно-

сти, в западной и восточной частях участка отмечается их сгущение. По-видимому этот случай избирательного по плотности, но полного по ориентировке тождества линеаментов и трещин наблюдали большинство исследователей, пришедших к выводу об удовлетворительном отражении в различных линейных элементах рельефа и растительного покрова трещинно-разрывной сетки коренных пород (Воронов и Егорова, 1958; Наумов и Щукина, 1960; Плотнокова, 1962; Цзян Цзу-ци, Скарятин, 1962; Гольбрайх и др., 1968, и др.).

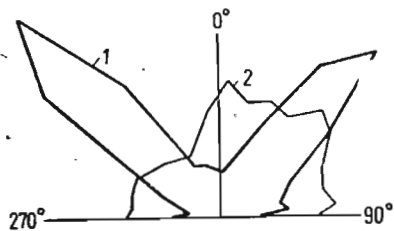
В-третьих, в виде линеаментов лишь частично проявляются отдельные системы трещинно-разрывных нарушений. Например, оз. Ильмень с юга ограничивается крупным линеаментом — прямолинейным уступом высотой до 10—13 м (так называемым Ильменским глинтом), выработанным в глинах ильменского горизонта и перекрывающих их бургских известняках. Известняки разбиты трещинами двух систем: СВ 26° и СЗ 303°. На значительном расстоянии от дер. Ретлё до дер. Заднее Поле — ориентировка ильменского глинта совпадает с направлением лишь одной системы трещин: СЗ 303°. Другая система в рельефе не выражена. И лишь севернее дер. Ретлё на участке глинта протяженностью в 200—300 м направление изгибов глинта в плане совпадает с ориентировкой обеих систем трещин.

Вдоль отдельных трещин и разрывных нарушений в известняках ордовика на Ижорской возвышенности в континентальный этап, предшествующий плейстоцену, возникли карстовые воронки, а местами заложилась речные долины. В эпохи оледенений, в частности последнего для здешних мест — валдайского, эти формы были полностью или частично заполнены моренным материалом. Частично заполненные — выражены в современном рельефе в виде воронок удлиненной или округлой формы, объединяющихся в цепочки, ориентировка которых совпадает с ориентировкой трещин, секущих известняки. Однако в рельефе находят отражение не все системы трещиноватости. В частности, не отражена система СВ 60°, хотя трещины этого направления наиболее многочисленны в ортоцератитовых известняках.

Примеры, отнесенные к третьему случаю, определенно указывают на ошибочность бытующего представления о полном отражении в прямолинейных элементах ландшафта всех систем трещинно-разрывных нарушений в горных породах. Наоборот, поскольку за линеаменты могут быть приняты прямолинейные элементы ландшафта, не связанные с трещинно-разрывной сеткой, между диаграммой ориентировки трещин и диаграммой ориентировки линеаментов могут наблюдаться расхождения. Так, в пределах Ленинградской и Новгородской областей в обнажениях и карьерах сотрудниками тематической партии СЗГУ (ответственный исполнитель А. П. Саломон) изучались трещины. На этих же участках нами выделялись линеаменты (преиму-

шественно прямолинейные отрезки речных долин) по материалам аэрофотосъемки и крупномасштабным топокартам. Сопоставление сводных круговых диаграмм ориентировки трещин (по 7532 замерам) и линеаментов (по 4384 замерам) убеждает в гораздо более разнообразной ориентировке линеаментов по сравнению с трещинами (рисунок). Кроме общих с трещинами северо-восточного и северо-западного направлений, имеются линеаменты меридианальной и широтной ориентировки.

Почему же в одних случаях в виде линеаментов проявляются все без исключения системы трещин, а в других — лишь часть из них? С нашей точки зрения, может быть предложено следующее объяснение. По С. С. Шульцу, в каждом данном



Сопоставление диаграмм ориентировки трещин и линеаментов в палеозойских породах на территории Ленинградской и Новгородской областей.

1 — диаграмма трещин; 2 — диаграмма линеаментов.

участке набор систем трещин предопределен планетарными напряжениями, которые «определенным образом ориентированы относительно меридиана, а стало быть относительно оси вращения планеты» (Методические указания..., 1965, стр. 8). Это справедливо и в отношении линеаментов. Проявление же в виде линеаментов лишь части систем трещин, по-видимому, связано с тем, что «раскрыты», подвержены воздействию агентов денудации (в широком смысле) лишь избранные системы трещин. Это, в свою очередь, определяется, как нам кажется, конкретной тектонической обстановкой участка, и прежде всего наличием локальных структурных форм. На территории Ленинградской и Новгородской областей было установлено, например, что на участках моноклиналиного залегания пород отчетливо выражены 2—3 системы линеаментов, а на участках сложного строения, с развитием локальных структурных форм осадочного чехла, ориентировка линеаментов очень разнообразна, выделить четкие системы не представляется возможным (Можаяев, Иванова, 1969).

Указанием на существование связи между линеаментами и тектонической обстановкой, в частности, с локальными структурными формами, является установленный факт различия длины линеаментов, выраженных прямолинейными отрезками речных долин, на поднятиях и в прогибах (Рукояткин, 1969).

Для нескольких участков Северо-Запада Русской платформы ориентировка линеаментов сопоставлялась с ориентировкой разрывных нарушений, выявленных в результате анализа геофизических полей. Оказалось, например, что в районе пос. Крестцы около 75% линеаментов приурочено к зонам разломов

кристаллического фундамента. При этом каждый линеамент в отдельности расположен под некоторым углом к зоне разлома. Лишь при составлении сводной диаграммы ориентировки линеаментов оказывается, что среднее простирание системы совпадает с простиранием разлома.

Нами затронуты только некоторые аспекты сложной проблемы природы линеаментов. Поскольку линеаменты связаны с трещинно-разрывной сеткой горных пород, многое для решения поставленных вопросов может быть почерпнуто из обширных материалов по трещиноватости пород, а к изучению линеаментов могут быть привлечены методы наблюдения трещин и способы обработки полученных результатов. Однако необходимы тщательные исследования и собственно линеаментов, особенно вопросов, связанных с формой их проявления на поверхности земли, теснотой связи с трещинно-разрывной сеткой и т. д. Нуждаются в первоочередной разработке также методика выявления линеаментов, приемы обработки собранных материалов и их интерпретации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Багрова З. А., В. Н. Кнрюшкин. 1964. ДАН СССР, 154, 2, стр. 337—340.
- Воронов П. С., Н. С. Егорова. 1958. Тр. НИИГА, 80, 5, стр. 139—148.
- Гольбрайх И. Г., В. В. Забалуев, А. Н. Ласточкин, Г. Р. Миркин, И. В. Рейнин. 1968. Морфоструктурные методы изучения тектоники закрытых платформенных нефтегазоносных областей. «Недра».
- Иванова Л. Н., Б. Н. Можаяев. 1969. В сб.: Структурно-геоморфологические исследования при нефтегазоносных работах (материалы совещания). ВНИГРИ, стр. 126—128.
- Методические указания по изучению планетарной трещиноватости. 1965. Ротапринт. Изд. ЛГУ.
- Мирошниченко В. П. 1958. Тр. Лаборатории аэрометодов, VI, Л., стр. 3—22.
- Можаяев Б. Н., Л. Н. Иванова. 1969. В сб.: Основные проблемы геоморфологии и стратиграфии антропогена Кольского полуострова. «Наука», стр. 145—154.
- Наумов А. Д., Н. А. Щукина. 1960. Уч. зап. Саратовск. ун-та, 74, стр. 197—200.
- Плотникова М. И. 1962. Материалы по геологии Сибирской платформы. Госгеолтехиздат, стр. 89—106.
- Полканова В. Б. 1968. Возможность применения структурно-геоморфологических методов в центральной части Западно-Сибирской низменности. Красноярское книжн. изд.
- Рукояткин А. А. 1969. В сб.: Структурно-геоморфологические исследования при нефтегазопоисковых работах (материалы совещания). Ротапринт. Л., стр. 100—103.
- Цзян Цзу-ци, Скарятин В. Д. 1962. Изд. вузов. Геология и разведка, 10, стр. 53—62.
- Шульц С. С. 1964. В сб.: МГК, XII сессия. Доклады советских геологов. Проблема 4. «Наука», стр. 147—153.
- Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.



## О СВЯЗИ ПЛАНЕТАРНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ЛИНЕАМЕНТОВ С ЛОКАЛЬНЫМИ СТРУКТУРАМИ

Для расшифровки тектонического строения и поисков локальных платформенных структур применяются методы анализа трещиноватости и линеаментов (Пермяков, 1949; Полканова, 1962; Гольбрайх и др., 1968; и др.). В основе анализа линеаментов лежит представление о связи спрямленных элементов ландшафта с трещинами и разрывами в горных породах. Сходство в ориентировке линеаментов, с одной стороны, трещин и разрывных нарушений — с другой, отмечается рядом исследователей в различных районах (Воронов и Егорова, 1958; Наумова и Шукина, 1960; Плотникова, 1962; и др.). Это дает основание сделать вывод о том, что линеаменты — отраженные на земной поверхности трещины. В настоящее время вопрос о тектонической обусловленности большинства линеаментов как будто не вызывает сомнения. Взгляды исследователей расходятся в объяснении характера связи локальных разрывных нарушений с локальными пликативными структурами.

Ряд исследователей полагают, что локальные структуры так или иначе «приспосабливаются» к системе планетарной, или региональной, трещиноватости (Шульц, 1966, 1969, 1971; Гольбрайх и др., 1968, и др.). Другие считают, что формирование локальных структур приводит к местным деформациям планетарной, или региональной, системы трещин (Blanchet, 1957; Haggis et al., 1960; Смехов, 1965, и др.).

М. В. Рац (1962) подчеркивает, что отсутствие связи между складками и трещинами не вызывает сомнений и указывает на зависимость густоты трещин от мощности слоя. Однако многие исследователи отмечают, что распределение густоты трещиноватости и линеаментов в пределах структур определяется морфологией структуры. Наибольшая густота трещин и линеаментов приурочена к местам максимального перегиба слоев — периклиналям, крутым крыльям, узким сводам и участкам различных структурных осложнений. В плане локальные структуры окаймляются в целом полями повышенных значений густоты трещин и линеаментов, имеющими кольцевую, подковообразную форму (Кноринг, Белонин, 1964; Кноринг, 1969; Гольбрайх и др., 1968).

На наш взгляд, отмеченная выше закономерная приуроченность трещин и линеаментов к местам максимального перегиба слоев и ряд других закономерностей, наблюдаемых в распределении трещин и линеаментов на локальных структурах (и за их пределами), не являются, как и сами трещины, прямым следствием тектонического развития структуры и находят объ-

яснение с точки зрения особенностей планетарной трещиноватости.

Характер связи линеаментов с локальными структурами рассматривается нами на примере Восточного Приильмья.

Для анализа были привлечены следующие материалы: схема густоты прямолинейных элементов рельефа (Можаяев, Иванова, 1969), структурная схема поверхности кристаллического фундамента (Соломкин, 1966), геологическая и топографическая карты.

При составлении схемы густоты линеаментов по крупномасштабным топографическим картам в пределах элементарных участков площадью в  $64 \text{ км}^2$  замерялись линеаменты длиной не менее 500 м на местности. Схема составлена для значительной территории Ленинградской и Новгородской областей. Как отмечают Б. Н. Можаяев и Л. Н. Иванова (1969), давшие впервые описание схемы и ее геологическую интерпретацию, анализ густоты линеаментов позволяет выявить участки, различающиеся по степени тектонической активности. Авторы указывают, что в ряде случаев на месте известных или намечающихся поднятий наблюдается явное увеличение числа линеаментов. В других случаях структуры частично попадают на участки с большим числом линеаментов. Имеются также структуры, характеризующиеся минимальным числом линеаментов.

Сопоставление схемы густоты линеаментов с топографической картой показало, что в целом в Восточном Приильмье наибольшее число линеаментов приурочено к склонам Валдайской возвышенности (от 140—180 до 200—250) и Бегловского вала (от 50—70 до 90—100), к восточному побережью оз. Ильмень (130—137) и к участкам, которые пересекает р. Мста в низовье (95—144). Меньшее число линеаментов наблюдается в центральной заболоченной части Бегловского вала и на заболоченных участках низин (до 30—40). Казалось бы общие закономерности в распределении линеаментов отсутствуют: и на склонах Валдайской возвышенности и Бегловского вала, где рельеф характеризуется значительным перепадом высот, и на слабо расчлененных низинах имеются участки, где наблюдается увеличение густоты прямолинейных элементов ландшафта. Общие черты в строении этих участков выявляются при сопоставлении схемы густоты линеаментов с геологической картой. Оказалось, что повышенное число линеаментов в Приильмьской низине и низовье р. Мсты прослеживается по границе выклинивания снежных и надснежных слоев, а также бургского горизонта (верхний девон). На восточном и северном склонах Бегловского вала увеличение густоты линеаментов приурочено к границе смотинско-ловатских слоев. На склоне Валдайской возвышенности число линеаментов возрастает по границе распространения билловских и надбилловских слоев.

Аналогичное явление наблюдается и за пределами Восточ-

ного Приильменя. Так, например, повышенное количество линеаментов, отмечаемое в неширокой зоне почти повсюду вдоль р. Волхов, приурочено на участке г. Новгород — г. Чудово к границам выклинивания бурегского, свинордского и шелонского горизонтов, на участке г. Кириши — г. Волхов — к границам выклинивания чудовского, снетогорского и подснетогорского слоев верхнего девона и не совпадающих по простиранию горизонтов среднего ордовика. К югу от Ленинграда и в междуречье рек Оредежи и Луги повышенная густота линеаментов приурочена к выклинивающимся на близком расстоянии горизонтам верхнего девона и среднего ордовика.

При сопоставлении схемы густоты линеаментов со структурной схемой поверхности кристаллического фундамента (Соломин, 1966) отмечены следующие закономерности.

Если структуры занимают большую часть элементарного участка, то они характеризуются относительным уменьшением числа линеаментов. Так, на разбуренном Невском поднятии за мерено 46 линеаментов, а на смежных участках — 67, 88, 63, 71. Подобным соотношением числа линеаментов на своде и крыльях антиклинальных структур в сравнении с числом их на прилегающих участках опускания характеризуется ряд поднятий, выявленных сейсморазведкой: Ильменское (49, фон — 63, 52, 137), Мерлюгинское (15, фон — 17, 32, 67, 81), Плашкинское (53, фон — 60, 115, 95, 118), южная расширенная часть Мстинского (22, 33, фон — 63, 37, 34, 88, 102, 47) и др.

Поднятия удлиненной формы (северная часть Мстинского), которые по площади меньше элементарного участка, так же как и поднятия, занимающие большую его часть, но имеющие узкий свод, характеризуются относительным увеличением числа линеаментов. Нередко подобная выраженность поднятий удлиненной формы скрадывается, так как в пределы элементарного участка часто входят поднятие и опускание, характеризующиеся общим числом линеаментов. В таких случаях можно наблюдать увеличение густоты речной сети на своде поднятий, что является в определенной степени косвенным показателем распределения трещиноватости на структурах.

Следует отметить, что в Восточном Приильменье в распределении густоты речной сети в целом наблюдаются те же закономерности, что и в распределении густоты линеаментов. Однако густота речной сети, по-видимому, не всегда может быть показателем вероятного распределения относительной густоты линеаментов, так как на заложение речной сети оказывают влияние и такие факторы, от которых не зависит распределение линеаментов.

В результате анализа густоты линеаментов можно сделать следующие выводы:

1. По границе выклинивания под четвертичными отложениями разновозрастных и литологически различающихся слоев ко-

ренных пород, залегающих в рассматриваемом районе моноклинално, число линеаментов относительно увеличивается, речная сеть развита гуще.

2. При размерах локальных поднятий, соизмеримых по площади с размерами элементарного участка, локальные антиклинальные структуры характеризуются относительным уменьшением числа линеаментов на своде. Речная сеть развита преимущественно на крыльях и периклиналях структур.

3. Поднятия удлиненной формы с узким сводом, занимающие часть элементарного участка и нередко уходящие за его пределы, характеризуются относительным увеличением густоты линеаментов и в большинстве случаев увеличением густоты речной сети на своде.

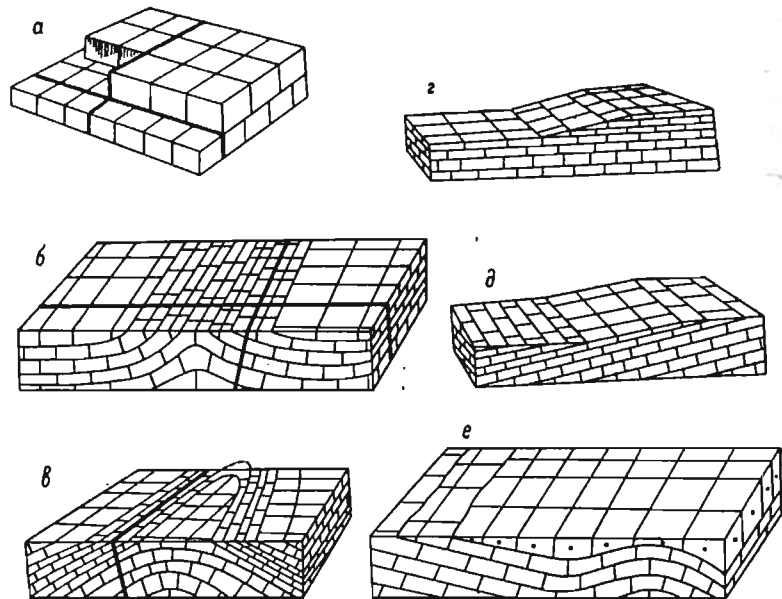
Отмеченные выше закономерности в распределении линеаментов в Восточном Приильменье в целом и, в частности, на локальных структурах можно объяснить с точки зрения особенностей планетарной трещиноватости.

В горизонтально залегающих или слабо нарушенных осадочных отложениях Русской плиты «пласты горных пород разбиты двумя (или более) системами почти вертикальных трещин, определенным образом ориентируемыми в пространстве. В вертикальных разрезах они не пересекаются друг с другом. Напротив, в горизонтальном срезе рассматриваемые системы трещин пересекаются» (Шульц, 1969, стр. 86—87). Далее отмечается, что «кроме внутрипластовых трещин, густота которых функционально связана с мощностью пластов, в обнажениях и горных выработках можно наблюдать более редкие и более крупные трещины, секущие несколько пластов и обычно уходящие за пределы рассматриваемых выходов. Таким образом формируются блоки различной величины, вписывающиеся друг в друга, так как трещины разного порядка образуют те же системы, определенным образом ориентированные относительно географического меридиана» (Шульц, 1969, стр. 87). Блок-диаграмма, которую С. С. Шульц приводит в статье для иллюстрации отмеченных выше особенностей планетарной трещиноватости, принята нами за исходную для дальнейших построений (рисунок). На блок-диаграммах трещины, секущие несколько пластов, для отличия от внутрипластовых трещин, выделены жирными линиями.

Рассмотрим различные случаи соотношения планетарной трещиноватости и линеаментов с локальными структурами и рельефом (см. рисунок б—е).

При пологом рельефе и значительной ширине пологих локальных структур увеличение количества трещин и линеаментов и подчеркивающей их густоты речной сети должно наблюдаться на крыльях и периклиналях структуры (см. рисунок, в). Здесь положение слоев таково, что на горизонтальной поверхности наблюдается рисунок трещиноватости, характерный для верти-

кального разреза (см. рисунок а): трещины не переходят из слоя в слой (не пересекаются), количество их больше. Кроме того, при выклинивании слоев на крыльях и периклинали структуры количество линеаментов увеличивается за счет развития их по «трещинам напластования» (Пермяков, 1949). На своде пологой антиклинальной структуры трещины наблюдаются в горизонтальном срезе (пересекаются), количество их меньше. Рассмотренная ситуация характерна для разбуренной Невской структуры в Восточном Приильменье, где на крыльях выходят на доледниковую поверхность и вскрыты в долинах рек и ручь-



Блок-диаграммы планетарной трещиноватости.

а — в горизонтально залегающих пластах, по С. С. Шульцу, 1969; б — в пластах, образующих антиклинальную складку валообразной формы; в — в пластах, образующих пологую антиклинальную складку; г — в пластах, горизонтально залегающих в склоне; д — в пластах, падение которых совпадает с наклоном поверхности; е — в моноклинально залегающих пластах при их выклинивании (левая сторона) и в пластах, образующих антиклинальную складку, бронзируемую слоем повышенной мощности (правая сторона).

ев надснежные, смотинско-ловатские и надсмотинско-ловатские слои.

При прямой выраженности антиклинали в рельефе и незначительной мощности четвертичных отложений границы разновозрастных горизонтов и слагающих их слоев будут приближаться в плане к своду антиклинали. На узких валообразных структурах такое сближение может сказаться еще более отчетливо, и вертикальный разрез слоев (см. рисунок а) может наблюдаться в горизонтальной проекции на своде структуры (см.

рисунок б). В этом случае количество трещин и линеаментов увеличивается прямо пропорционально количеству разновозрастных горизонтов и слоев внутри этих горизонтов и обратно пропорционально их мощности.

Чем меньше мощность горизонтов, тем быстрее будут вскрыты эрозией подстилающие слои и тем большее количество систем трещин найдет отражение на поверхности.

При достаточной мощности размываемого на антиклинальной структуре слоя и плоском рельефе вертикальный разрез (см. рисунок, а) не будет иметь выражения в горизонтальной проекции (см. рисунок, е, правая половина). Однако структура может подчеркиваться увеличением количества трещин и линеаментов. На своде наблюдается уменьшение мощности размытого слоя, и поэтому эрозией быстрее вскроются нижележащие слои, в которых плановое положение трещин (и при одинаковом простирании) иное. Увеличение количества линеаментов на своде характерно для нескольких структур удлиненной формы в пределах Восточного Приильменья.

В свете представления о планетарной природе трещиноватости и о связи густоты трещиноватости с мощностью пласта в различных случаях увеличение густоты линеаментов может наблюдаться не только на локальных структурах. Примером может служить увеличение густоты линеаментов в местах выклинивания моноклинально залегающих слоев (см. рисунок, е, левая сторона). Здесь наблюдаются и уменьшение мощности слоев перед выклиниванием и несовпадение планового положения трещин в слоях на границе их распространения. Линеаменты развиваются также по «трещинам напластования». Таким образом можно объяснить увеличение количества линеаментов и густоты речной сети на равнинных участках восточного побережья оз. Ильмень и в низовье р. Мсты, а также на склонах Валдайской возвышенности и Бегловского вала: на наклонной поверхности проектируется вертикальный разрез (см. рисунок, г).

Однако в случае, если наклон поверхности земли совпадает с наклоном слоев (см. рисунок, д), то на склоне будет наблюдаться относительное уменьшение числа линеаментов. В свете излагаемых представлений эрозионный останец с плоской вершиной и пологими склонами, образованный горизонтально залегающими слоями, может дать картину расположения линеаментов, аналогичную антиклинальной структуре.

На рисунке представлены далеко не все разновидности сочетания планетарной трещиноватости с локальными структурами. Не рассматривается в статье экранирующее влияние мощности четвертичных отложений. Более того, для простоты дела были взяты только две системы взаимно перпендикулярных трещин, хотя их может быть больше. Однако общие выводы очевидны.

1. Распределение густоты линеаментов в пределах Восточного Приильменья можно объяснить проявлением в спрямленных элементах ландшафта особенностей планетарной трещиноватости. При этом следует принимать во внимание зависимость густоты линеаментов от мощности экранирующего слоя коренных отложений. По-видимому, следует говорить об общей закономерности в проявлении планетарной трещиноватости, густоты линеаментов и густоты речной сети.

2. Распределение густоты линеаментов на локальных структурах следует объяснять особенностями планетарной трещиноватости. Можно полагать, что трещины определенного порядка предопределяют размеры локальных структур, а рост этих структур (тектонические подвижки) ставит трещины планетарного происхождения, соизмеримые с линеаменами на рассматриваемых структурах, в определенные структурные условия, что и определяет их собственную густоту и густоту линеаментов. По-видимому, и формирование элементов структур идет с использованием участков повышенной трещиноватости (ослабленных зон), заложение которых произошло в стадию диагенеза осадков.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Воронов П. С., Егорова Н. С. 1958. Тр. НИИГА, 80, 5, стр. 139—148.
- Гольбрайх И. Г., Забалуев В. В., Ласточкин А. Н., Миркин Г. Р., Рейниш И. В. 1968. Морфоструктурные методы изучения тектоники закрытых платформенных нефтегазоносных областей. «Недра».
- Кноринг Л. Д. 1969. Математические методы при изучении механизма образования тектонической трещиноватости. «Недра».
- Кноринг Л. Д., Белонин М. Д. 1964. Тр. ВНИГРИ, 228, стр. 249—260.
- Можаяев Б. Н., Иванова Л. Н. 1969. В кн.: Основные проблемы геоморф. и стратиграф. антропогена Кольского п-ва. «Наука», стр. 145—154.
- Наумов А. Д., Шукина Н. А. 1960. Уч. зап. Саратовского ун-та, 74, стр. 197—198.
- Пермяков Е. И. 1949. Тектоническая трещиноватость Русской платформы. МОИП.
- Плотникова М. И. 1962. Инф. сб. ВСЕГЕИ, 52, стр. 103—111.
- Полканова В. Г. 1962. Тр. СНИИГГИМС, 26, стр. 134—144.
- Рац М. В. 1962. ДАН СССР, 144, 3, стр. 622—625.
- Смехов Е. М. 1965. Тр. 2-го Всесоюзн. совещания по трещинным коллекторам нефти и газа. «Недра», стр. 13—24.
- Соломкин Ю. Ф. 1966. В сб.: Вопросы разведочной геофизики. 5. «Недра», стр. 67—76.
- Шульц С. С. 1966. Геотектоника, 2, стр. 36—42.
- Шульц С. С. 1971. Геотектоника, 4, стр. 6—14.
- Van chet P. H. 1957. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 41, 8, стр. 1748—1759.
- Harris I. E. et al. 1960. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 44, 12, стр. 7—23.

Р. А. БОРИСОВА

## ПЛАНЕТАРНАЯ ТРЕЩИНОВАТОСТЬ И ЛИНЕАМЕНТЫ СОРТАВАЛЬСКОГО РАЙОНА КАРЕЛИИ

Существуют различные точки зрения на происхождение рассматриваемой нами трещиноватости горных пород. Одни исследователи связывают происхождение трещиноватости пород с тектоническими дислокациями и называют ее тектонической (Пермяков, 1949). Другие считают, что трещиноватость пород обусловлена действием внутренних причин, которые возникают в процессе превращения осадка в горную породу, и называют ее литогенетической или трещиноватостью повсеместного распространения (Новикова, 1951; Оффман и Новикова, 1953). В. В. Белоусов (1962) называет ее общей трещиноватостью горных пород. По С. С. Шульцу (1965, 1969) образование общей трещиноватости пород хотя и происходит в процессе литификации, но направления трещин определяются планетарными направлениями, величина которых может быть незначительной, но действуют они как «спусковой механизм», предопределяя ориентированность систем трещин относительно меридиана. Именно планетарная сеть трещин служит основой, на которой развиваются тектонические структуры и формы рельефа поверхности Земли.

В статье приведены результаты изучения планетарной трещиноватости на небольшом участке территории Карелии — в Сортавальском районе и сделано сравнение их с результатами замеров линеаментов. «Линеаменами называются выдержанные по направлению прямолинейные элементы ландшафта. Как правило, линеаменты отражают простирания планетарной трещиноватости» (Шульц, 1970, стр. 50).

Сортавальский район расположен на северном берегу Ладожского озера, рельеф здесь сильно расчленен речными долинами и озерными котловинами. В геоструктурном отношении Сортавальский район является северо-восточной частью Ладожского синклиория. В этой части синклиория развиты метаморфические толщи нижнего протерозоя (сортавальская и ладожская серии), которые, по мнению К. О. Кратца (1963), облекают «древние глыбы» — Кирьяволахтинскую, Коккосельскую, Койриноя-Питкярантскую и другие. «Древние глыбы» сложены породами гранито-гнейсового комплекса, интрузивными постладожскими микроклиновыми гранитами. Однако не все исследователи разделяют эту точку зрения. Некоторые считают, что все гранитоиды глыб являются более молодыми куполовидными интрузиями.

Нами была изучена трещиноватость в породах сортавальской серии нижнего протерозоя, в ее нижних и верхних горизонтах, а также в микроклиновых гранитах куполов. Сорта-

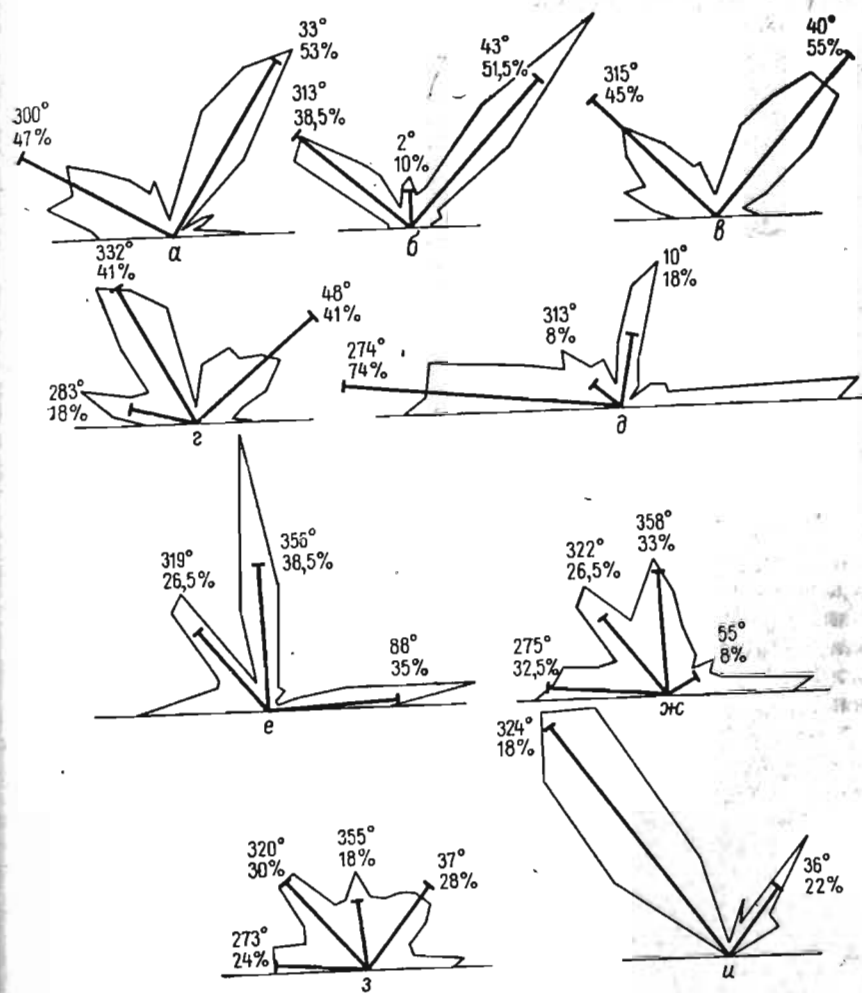
вальская серия нижнего протерозоя представлена здесь тремя толщами. В низах серии на гнейсо-гранитах лежат доломитизированные известняки, белые и светло-серые, среднезернистые, слоистые. Выше залегает мощная толща массивных или слегка рассланцованных амфиболитов, плотных, мелко-, средне- и крупнозернистых. Среди амфиболитов отмечаются прослои роговообманковых и кварцево-биотитовых сланцев. Амфиболиты перекрыты вулканитами (диабазовые метапорфириты и др.). Верхняя пачка представлена доломитовыми мраморами, среди которых отмечаются прослои тремолито-диопсидовых сланцев.

Для всех пород сортавальской серии характерно северо-западное простираение. Породы толщи обладают хорошо развитой трещиноватостью. Трещины замерены в породах средней и верхней толщ. В средней, преимущественно амфиболитовой толще, было замерено 500 вертикальных трещин к северо-востоку от Кирьяволахтинского залива, по северному берегу небольшого озера без названия, в долине р. Тохмы, в трех километрах к юго-юго-востоку от пос. Рускеала и в обрыве оз. Хапалампи. В результате статистической обработки вертикальных трещин была построена диаграмма, на которой ясно выражены два направления: СЗ 300° (47%) и СВ 33° (53%) (рисунок, а). Северо-западное простираение пород совпадает с северо-западным простираением трещин.

Трещиноватость пород верхней толщи сортавальской серии изучалась в мраморном карьере Рускеала, расположенном в 27 км к северу от г. Сортавала. Здесь по 300 замерам вертикальных трещин выделились две диагональные и меридиональная системы трещин: СЗ 313° (38,5%), СВ 43° (51,5%), С 2° (10%) (см. рисунок, б). Последняя выражена слабо. Здесь опять мы наблюдаем совпадение простираения толщи мраморов с северо-западной системой трещин. На сводной диаграмме для пород средней и верхней толщ сортавальской серии выделяются диагональные системы трещин: СЗ 315° (45%) и СВ 40° (55%) (см. рисунок, в).

В пределах Кирьяволахтинской, Коккосельской и Койриноя-Питкярантской «глыб» вертикальные трещины замерены в крупно- и среднезернистых микроклиновых гранитах. В них отчетливо видна трахитоидная текстура, обусловленная параллельной ориентировкой микроклина. Ориентировка микроклина (относительно географического меридиана) различна в разных «глыбах». Так, в Кирьяволахтинской она имеет северо-западное и широтное простираение и совпадает с северо-западной и широтной системами трещин (см. рисунок, г). В Койриноя-Питкярантской зерна микроклина направлены меридионально, трахитоидность совпадает с меридиональной системой трещин (см. рисунок, д). В Коккосельской «глыбе» зерна микроклина имеют концентрическое расположение, на диаграмме трещиноватости видны три отчетливо выраженных направления: северо-запад-

ное, меридиональное и широтное (см. рисунок, е). На сводной диаграмме трещиноватости для трех этих участков по 1250 замерам выделились 4 системы трещин: СЗ 322° (26,5%), С 358° (33%), СВ 55° (8%), З 275° (32,5%). Северо-восточная система выражена слабо (см. рисунок, ж).



Розы-диаграммы трещин пород и линейментов Сортавальского района. Сортавальская серия: а — амфиболиты средней толщи; б — мраморы верхней толщи; в — сводная. Микроклиновые граниты «глыб»: г — Кирьяволахтинская, д — Койриноя-Питкярантская, е — Коккосельская, ж — сводная; з — сводная трещин; и — сводная линейментов.

Сводная диаграмма трещиноватости, построенная по 2050 замерам вертикальных трещин для всего Сортавальского района, т. е. для северо-восточной части Ладожского синклиория, по-

зволяет выделить следующие основные направления: З 273° (24%), СЗ 320° (30%), С 355° (18%), СВ 37° (28%) (см. рисунок з). Для территории этого района были замерены по картам линеаменты, представленные спрямленными участками речных долин и прямолинейными отрезками береговых линий озер. Замеры производились следующим образом: выбирались прямолинейные отрезки речных долин и береговых линий длиной не менее 5 мм, если длина отрезка 10 мм и более, то его брали как два замера, если 15 мм и более, то как три замера, и т. д. По полученным замерам построена диаграмма линеаментов по тому же способу, что и для трещин. На этом участке было взято 90 замеров, которые дали двухлучевую диаграмму. Резко выражено северо-западное направление — 324° (78%), довольно отчетливо и северо-восточное — 36° (22%) (см. рисунок, и).

Сравнивая диаграммы линеаментов и трещин, мы видим, что в линеаментах проявились только диагональные системы, которые преобладают и на диаграмме трещиноватости. Направления их почти совпадают (расхождение для северо-западного направления — 4°, для северо-восточного — 1°). Не отразились в рельефе ортогональные системы, которые на диаграмме трещиноватости выражены слабее диагональных, но довольно четко.

Обращает на себя внимание резкое преобладание северо-западного луча на диаграмме линеаментов. На исследуемой территории Карелии отмечается и некоторое преобладание северо-западной системы трещиноватости. Именно к этой системе приурочены тектонические дислокации. Преобладание северо-западного простирания пород и тектонических дислокаций вызвало наилучшую фиксацию этого направления экзогенными факторами в рельефе. Из последних наиболее значительным была эрозийная деятельность речной сети, заложение которой связано с трещиноватостью пород. Позднее ледник, двигаясь с северо-запада на юго-восток, использовал уже выработанные формы рельефа и еще больше подчеркнул их северо-западную направленность.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Белоусов В. В. 1962. Основные вопросы геотектоники. Госгеолтехиздат.  
Кратц К. О. 1963. Геология карелид Карелии. Тр. ЛАГЕД, 16.  
Методические указания по изучению планетарной трещиноватости. 1965. Ротапринт. Изд. ЛГУ.  
Новикова А. С. 1951. Изв. АН СССР, серия геол., 5, стр. 68—85.  
Оффман П. Е., А. С. Новикова. 1953. Изв. АН СССР, сер. геол., 3, стр. 115—122.  
Пермяков Е. Н. 1949. Тектоническая трещиноватость Русской платформы. МОИП.  
Шульц С. С. 1965. В сб.: Основные проблемы изучения четвертичного периода. «Наука», стр. 147—150.  
Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.  
Шульц С. С. 1970. Вестник ЛГУ, 24, стр. 50—56.

Г. А. ПУТИНЦЕВА

## ЛИНЕАМЕНТЫ И ТРЕЩИНОВАТОСТЬ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИОНЕЖЬЯ

Северо-Западное Прионежье в структурном отношении является частью Онежской наложенной мульды. Она охватывает обширную площадь северо-западного побережья Онежского озера (севернее г. Петрозаводска) и частично его северо-восточный берег. Онежская мульда выполнена среднепротерозойскими кварцито-карбонатно-сланцевыми толщами онежской серии ятулия и вулканическими породами суйсарской серии. Для мульды характерны параллельные, большей частью вытянутые в северо-западном направлении складки шириной от десятков и сотен метров до 10—15 км.

В исследуемом районе были замерены спрямленные участки гидросети на топографических картах (469 линеаментов). Район разделен на семь частей, для каждой из них построена роза-диаграмма (рисунок). Как видно из рисунка, розы-диаграммы линеаментов обнаруживают четкую направленность, выраженную в преобладании линеаментов северо-западного простирания (СЗ 334°).

Для этой же площади для оценки взаимосвязи простираний линеаментов и трещиноватости были проведены полевые наблюдения и замеры трещин по обнажениям. Трещины суйсарского комплекса, представленного тонкослоистыми кремнисто-глинистыми сланцами, серыми, зеленовато-серыми тонкослоистыми туфами и туфосланцами, шаровыми лавами и туфобрекчиями, изучались в районе с. Царевичи и на станции Шуйская (см. рисунок, з). Замеры трещин в обоих случаях производились по склонам сельг. Преобладают вертикальные трещины. Визуально выделить системы не представлялось возможным. В результате статистической обработки 350 замеров на сводной розе-диаграмме трещиноватости (см. рисунок, з) выделено пять направлений: СЗ 278°, СЗ 334°, СВ 5°, СВ 26°, СВ 66°.

Трещиноватость диабазов и габбро-диабазов суйсарской серии изучалась в районе водопада Кивач на р. Суна (см. рисунок, г). Породы разбиты разноориентированными вертикальными и наклонными трещинами. Наиболее четко выражены вертикальные трещины субмеридионального простирания. Замеры трещин производились преимущественно на склоне речной долины. На сводной розе-диаграмме (см. рисунок, г), построенной на основании 300 замеров, выделилось два направления трещин: СЗ 335°, СВ 55°.

Сопоставление сводных роз-диаграмм линеаментов и трещиноватости горных пород для всего исследуемого района (см. рисунок, и — к) свидетельствует о сходстве лишь северо-западных направлений (СЗ 334°). Таким образом, для небольшого района

юго-восточной части Балтийского щита между ориентировкой линейментов и трещин наблюдается совпадение только северо-западного направления. Это направление линейментов и трещиноватости совпадает, кроме того, с общим простиранием Онежской мульды, с простиранием складок и с общей ориентировкой озер.

Северо-восточное направление (45—65°) достаточно хорошо выделяется по замерам трещин, а в линейментах почти не вы-

Е. Н. АЗБУКИНА

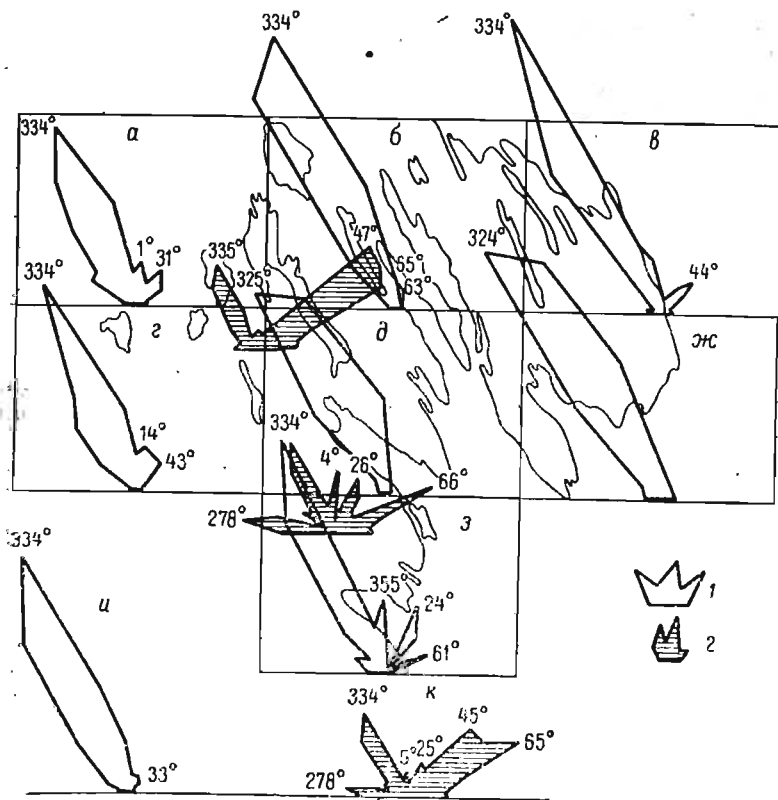
## О ВЛИЯНИИ СТРУКТУРЫ И ТРЕЩИНОВАТОСТИ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД НА РАЗВИТИЕ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Изучение склонов представляет одну из основных современных методологических проблем советской и зарубежной геоморфологии. Широкое распространение склонов как элементов форм рельефа и склоновых отложений, их значение для морфометрической и динамической характеристик современных экзогенных процессов рельефообразования обусловили их ведущую роль в исследованиях как теоретического, так и прикладного характера.

Развитие и дифференциация современных и древних экзогенных денудационных и аккумулятивных процессов на земной поверхности зависят от локализации, направленности и градиентов тектонических движений, связанных со структурой и трещиноватостью территории. Как показано в ряде работ (Шанцер, 1951; Мещеряков, 1961 и др.), по особенностям эрозионно-аккумулятивных процессов речной сети, мощностям аллювия, типам соотношения фациальных разностей аллювия речных пойм и террас можно судить о характере движений земной коры. Однако эти работы не касаются индикационного значения денудационно-аккумулятивных склоновых процессов для изучения новейшей тектоники.

Материалы наблюдений автора в двух смежно расположенных, но отличных по своей геологической структуре районах: северо-западной части Русской платформы и южной части Балтийского кристаллического щита (Северо-Западное Приладожье и Выборгский район) позволяют привести некоторые сравнительные данные об особенностях развития в них современных склоновых процессов.

Характер экзогенных денудационно-аккумулятивных рельефообразующих процессов зависит от таких общих географических факторов, как высота местности, климатические условия, почвенно-растительный покров и др. Сопоставление этих факторов для двух указанных районов дает весьма незначительные отличия (Исаченко и др., 1965). Почвенно-ботанические условия обоих районов, характеризующиеся развитием растительности подзоны южной тайги на подзолистых почвах, также остаются более или менее постоянными. Наконец, рельеф обоих районов очень молод. Он возник не ранее чем 14 тыс. лет назад, а некоторые формы образуются и в настоящее время. Отличия в характере денудационно-аккумулятивных склоновых процессов зависят здесь поэтому от геолого-геоморфологических факторов.



Розы-диаграммы линейментов (1) и трещиноватости (2) северо-западной части Прионежья.

а-з — линейментов различных частей района; и — сводная линейментов; к — сводная трещиноватости.

ражено. Северо-восточная система трещин имеет одинаковое направление со сбросами, выявленными в этом районе А. И. Петровым (1970).

### ЛИТЕРАТУРА

Петров А. И. 1970. Разломы восточной части Балтийского щита и методика их изучения. Автореф. канд. дисс. ВСЕГЕИ.

В северо-западной части Русской платформы развиты склоны, приуроченные к денудационно-структурным уступам древних поверхностей выравнивания (глинты), верхне-плейстоценовым ледниковым и водно-ледниковым, современным эрозионным и техногенным формам рельефа. В строении рельефа района участвуют осадочные горные породы от верхнепротерозойских до четвертичных, представленные известняками, песчаниками, песками, глинами и суглинками.

Начиная с позднего плейстоцена на Северо-Западе Русской равнины, относящейся к области Валдайского оледенения, преобладали движения земной коры положительного знака и небольшой амплитуды, причем крупные тектонические элементы являются гетерогенными, состоящими из различных разновозрастных участков поднятий и опусканий (Мещеряков, 1961; Можаяев, 1966).

Как показывают наблюдения, ландшафтным доминантным типом склоновых процессов здесь являются делювиальные процессы плоскостного смывания, представляющие медленно, но постоянно действующие сложные денудационно-аккумулятивные процессы, которые, кроме плоскостного смыва, включают явления дефлюкции и крипа, а также десерпции. В понимании этих терминов есть некоторые отличия у разных исследователей, однако практически разделить эти процессы в природных условиях Северо-Запада Русской равнины не представляется возможным, так же как и невозможно разделить продукты их аккумуляции (Азбукина, 1968).

Делювиальные процессы развиты на склонах от верхнеплейстоценовых до современных (склоны выемок карьеров), сложенных различными по составу и возрасту породами — от известняков ордовика до аллювиальных голоценовых песков. Делювиальные склоны составляют здесь более 80% протяженности всех склоновых поверхностей. Это устанавливается не только непосредственными полевыми наблюдениями, но и при анализе топографических карт и аэрофотоснимков. Морфология доминантных делювиальных склонов определяется более или менее пологим вогнутым поперечным профилем, нечеткой (смытой) бровкой, сплошной задернованностью, нерезкой широкой зоной границы между денудационной и аккумулятивной частью поперечного профиля.

Склоновые отложения представляют в основном суглинисто-супесчаный делювий (в связи с повсеместным развитием моренных суглинков в верхней части склонов) небольшой мощности, образующий у подошвы склонов делювиальный шлейф. Развитие процесса ведет к выполаживанию склонов, выравниванию поверхности, ее планации.

Простирающиеся делювиальные склоны различные. Связи их с направлениями основных северо-западной и северо-восточной систем планетарной трещиноватости, установленных для района

Северо-Запада Русской равнины, выражены не повсеместно и недостаточно четко. Они отмечаются главным образом для склонов эрозионных долин первого порядка, не имеющих притоков.

Гравитационные (обвально-осыпные) и оползневые процессы развиваются здесь лишь на отдельных крутых участках склонов, испытывающих современную боковую эрозию рек, абразию водоемов или воздействие человека. Проявление этих процессов приводит к аномальному резкому местному изменению поперечного профиля и всей морфологии склона. В развитии этих процессов существенным фактором является литологический состав пород, выходящих на склоне, и условия их залегания. Эти склоновые процессы являются дополняющими относительно основного доминантного делювиального процесса, они ограничены пространственно и при прекращении воздействия внешнего фактора (деятельность человека, перемещение руслового потока при меандрировании к соответствующему берегу) достаточно быстро заменяются основным процессом.

В южной части Балтийского щита (Северо-Западное Приладожье и Выборгский район) наиболее широкое развитие имеют склоны денудационно-тектонических грядовых сельговых форм. Подчиненное значение имеют склоны аккумулятивных ледниковых и водно-ледниковых форм рельефа, эрозионных долин, техногенных впадин. Сельги представляют здесь относительно короткие (до нескольких сот метров длиной) и неширокие (30—40 м, реже до 100 м шириной) гряды относительной высотой 10—40 м с плоскими, оглаженными ледником вершинами и крутыми склонами. Морена верхнеплейстоценового оледенения здесь сильно размыта, и на вершинах, а также в верхней части склонов сельг выходят архейско-протерозойские кристаллические породы — гнейсы, граниты, гранодиориты, габбро-нориты, в Выборгском районе — крупнозернистые граниты рапакиви.

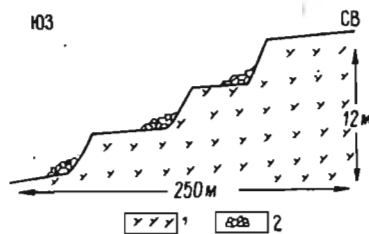
Преобладает северо-западная ориентировка сельг. Межсельговые ложбины заполнены четвертичными озерными, торфяно-болотными и аллювиальными осадками, частично заняты озерами. Побережье Ладожского озера характеризуется многочисленными узкими фьордообразными заливами и островами. Берега Финского залива сильно изрезаны. Узкая нижняя терраса образована литориновыми морскими осадками.

Ландшафтным доминантным типом современных денудационно-аккумулятивных склоновых процессов являются здесь гравитационные обвальные и обвально-осыпные процессы, развивающиеся на крутых скалистых склонах сельг. Они составляют более половины всех склоновых поверхностей исследованного района. Морфология доминантных склонов характеризуется резкостью и прямолинейностью бровок, четко выраженным крутым денудационным уступом в верхней части по-



перечного профиля (до вертикального и нависающего), резкой границей между денудационной и аккумулятивной частью поперечного профиля. Зона гравитационного накопления представляет узкую полосу глыбово-щебневых образований. В основном материал состоит из угловатых глыб размером до метра и более в поперечнике и может рассматриваться как типичный колювий обрушения. Ниже располагается ровная поверхность типа педимента, обычно задернованная (Кинг, 1967).

В ряде случаев четко выделяется ступенчатость обвальных склонов, выражающаяся в поперечном профиле чередованием



Схематический поперечный профиль склона сельги на о-ве Хапалахти, Северо-Западное Приладжье.

1 — трещиноватые биотитовые гнейсы; 2 — обвальные глыбовые отложения. Экспозиция склона ЮЗ 235°.

обвальных накоплений. Таким образом формируются участки неудобных земель относительно их сельскохозяйственного использования, строительства дорог и промышленных сооружений.

Кроме гравитационных склонов, определяющих своеобразие геоморфологического ландшафта районов южной части Балтийского щита, наблюдаются склоны сельг, речных долин, аккумулятивных ледниковых и водноледниковых форм, на которых развиваются делювиальные, а местами и оползневые процессы. Однако эти процессы являются дополняющими, имеющими подчиненное значение.

Повсеместно и четко выражена приуроченность денудационного уступа гравитационных склонов к плоскостям вертикальных и крутонаклонных планетарных трещин. Простирающиеся доминантных гравитационных склонов меняются незначительно, преобладают северо-западные направления, близко совпадающие с простирающимися основных линейно-вытянутых морфоструктур южной части Балтийского щита (СЗ 305—325°). Это хорошо подтверждается диаграммой-розой простирающихся линейных элементов Выборгского района, составленной в Лаборатории планетарной трещиноватости.

участков гравитационного сноса (денудационного скального обрыва) с участками гравитационного накопления грубообломочного материала. Например, на о-ве Хапалахти у западного берега Ладожского озера наблюдается трехъярусное строение таких склонов (рисунок).

Развитие доминантного склонового процесса не только не приводит к выполаживанию склонов и выравниванию поверхности, но и создает системы чрезвычайно свежих, параллельно отступающих уступов, чередующихся с зонами крупноглыбовых

Это несомненно не является случайным, а свидетельствует о тесной связи экзогенных денудационно-аккумулятивных склоновых процессов с геологической структурой и планетарной трещиноватостью слагающих земную поверхность горных пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Азбукина Е. Н. 1968. Вестник ЛГУ, 24, стр. 147—157.  
Исаченко А. Г., З. В. Дашкевич, Е. В. Карнаухова. 1965. Физико-географическое районирование Северо-Запада СССР. Изд. ЛГУ.  
Кинг Л. 1967. Морфология Земли. «Прогресс».  
Мещеряков Ю. А. 1961. Молодые тектонические движения и эрозионно-аккумулятивные процессы северо-западной части Русской равнины. Изд. АН СССР.  
Можаяев Б. Н. 1966. Вопросы разведочной геофизики, 5, стр. 51—60.  
Шанцер Е. В. 1951. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. Изд. АН СССР.

Н. П. ФЕДОРОВ

### О СВЯЗИ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПЛАНЕТАРНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТЬЮ ГОРНЫХ ПОРОД

(на примере бассейна среднего течения р. Гауя)

На территории Рижского района Латвийской ССР, наряду с имеющим повсеместное распространение рельефом ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции, также широко развиты и эрозионные формы рельефа. Так на Мурьянском и Сигулдском участках среднего течения р. Гауя и ее притоков — Лечупе, Лойя и др. — весьма часто наблюдаются исследованные автором в 1970 г. эрозионные береговые ниши, выработанные в песчаниках гауйской свиты. Изучение этих ниш как линейных элементов нового типа, впервые отмечаемых в литературе, может способствовать установлению основных этапов и факторов развития рельефа территории.

Рельеф (абсолютные отметки поверхности от 5 до 130 м) бассейна среднего течения р. Гауя представлен пологоволнистыми равнинами основной морены и террасированными лимногляциальными и дельтовыми равнинами. Местами наблюдаются грядовые формы водно-ледниковой аккумуляции. Гауя, приуроченная к частично погребенной долине дочетвертичного возраста (Аболтынь, 1966), вскрывает здесь всю мощность четвертичных отложений (пески, глины, супеси ледникового и водноледникового генезиса, мощностью от 6 до 30 м), а также дочет-

вертикальные отложения, представленные кварцевыми песчаниками гауйской свиты (швянтайский горизонт франского яруса верхнего девона). Песчаники косослоистые с падением слоистости на юг и юго-восток, легко размываемые и рассечены многочисленными косыми и вертикальными трещинами. Их мощность в районе исследований, по данным бурения, достигает 43—84 м, абсолютные отметки кровли изменяются от —2 м у хутора Пасмуйжа до +54 м у хутора Сикнас, где палеозойские, осадочные слои образуют свод северо-инчукалнской антиклинальной структуры, выраженной в современном рельефе. Видимая мощность гауйских песчаников в обнажениях на р. Гауя и ее притоках превышает 10 м. Залегание их в этих обнажениях близко к горизонтальному. Глубина долины р. Гауя на Сигулдском участке достигает 85 м, уменьшаясь на Мурьянском участке до 35—40 м, ширина долины — 2,5 км.

Почти повсеместно, где песчаники гауйской свиты в долинах р. Гауя и ее притоков выходят на дневную поверхность, отмечается наличие скульптурных форм на склонах долины, представленных многочисленными нишами, выработанными в этих песчаниках боковой эрозией. К таким формам относятся известные пещеры Гутмана, Чертова, Революции близ г. Сигулда, Винтере-ола в г. Цесис и др.

По нашим наблюдениям, образование эрозионных ниш приурочено к системам планетарных трещин, широко развитых в песчаниках гауйской свиты. Часто поэтому эрозионные ниши линейно вытянуты в глубь обнажений и представляют собою своеобразные линеаменты. Например, глубокая (до 3,5—4,0 м) эрозионная ниша выработана современной боковой эрозией в песчаниках гауйской свиты, обнажающихся на левом подмываемом берегу р. Лойя, в 1,5 км выше по течению пос. Мурьяни. Ширина ниши свыше 6 м, высота 3,5 м. Азимут простирания ниши ЗСЗ 275°, а направление течения реки в районе ниши близко к меридиональному. Направление систем трещин, замеренных на этом обнажении — ЗСЗ 272° (34%) и СВ 11° (66%), т. е. направление одной из систем близко совпадает с направлением течения реки в районе эрозионной ниши, а другой с направлением врезания в песчаники самой ниши. Аналогичная картина наблюдается и в местах развития подобных же ниш, распространенных в описываемом районе.

В районе встречаются также эрозионные ниши, выработанные древней боковой эрозией рек. Они располагаются на более высоких уровнях (от 2,2 до 10,0 м) над урезом воды. Так, на левом берегу р. Лойя в 0,6 км выше по течению пос. Мурьяни две такие ниши находятся на высоте 2,5 и 3,5 м. Ниши представляют собой углубления округло-вытянутой формы. Азимуты простирания нижней и верхней ниш близки к широтным и равны соответственно ЗСЗ 276° и ЗСЗ 271°. Направление систем трещин, замеренных здесь ЗСЗ 272° (34%) и СВ 11° (66%),

т. е. направление широтной системы, близко совпадает с азимутами простирания обеих ниш.

На высотах 5 и 10 м над урезом воды эрозионные ниши встречаются реже и их размеры, как правило, невелики. Азимут простирания этих ниш колеблется от З 270° до ЗСЗ 285°. Глубокая эрозионная ниша Винтере-ола в г. Цесис, расположенная на террасе ручья Винтере на высоте 5 м, имеет простирание СВ 80°, почти точно совпадающее с направлением трещины (СВ 82°), хорошо выраженной по ее своду в песчаниках гауйской свиты и заполненной мелким алевритовым материалом. Еще более редко в районе встречаются эрозионные ниши, имеющие субмеридиональное направление.

Ниши, приуроченные к диагональной системе трещин, встречаются крайне редко и не достигают значительных размеров. Основную роль в развитии ниш сыграло боковое подмывание реки, однако просачивание по трещинам в легко размываемых гауйских песчаниках грунтовых вод приводит к разрушению этих песчаников, что создает благоприятные условия для деятельности боковой эрозии. Проявление такого размыва наблюдается, например, на р. Лойя выше пос. Мурьяни. Эрозионная ниша, расположенная на высоте 3,5 м над урезом воды р. Лойя, приурочена к трещине субширотного направления, по-видимому, расширенной грунтовыми водами.

Изучение относительно большого количества эрозионных ниш (31 ниша) позволило сделать вывод, что они располагаются на высотах, соответствующим террасовым уровням рек исследованного участка: на высоте 0,5—1,0 м над межленным уровнем воды (низкая пойма) — 11 ниш из общего числа, на высоте 2,0—2,5 м (высокая пойма) — 5 ниш, на высоте 3,0—3,5 м (первая надпойменная терраса) — 9 ниш, на высоте 5,0—6,0 м (вторая надпойменная терраса) — 3 ниши и на высоте 10,0 м (третья надпойменная терраса) — 3 ниши.

Количественное распределение эрозионных ниш на этих уровнях показывает, что большее их число своим образованием обязано современной боковой эрозии, а также древней боковой эрозии на высоте 3,0—3,5 м над урезом воды. Отметим, что первая надпойменная терраса р. Гауя высотой 3,0—3,5 м в районе исследований хорошо выражена и достигает местами ширины свыше 100 м. Очевидно, что увеличение числа эрозионных ниш на этом уровне не является случайным, а отражает длительность и интенсивность эрозионного этапа, соответствующего этому уровню.

Изучение трещиноватости района показало преобладание ортогональных систем — выделены системы З 270° (41%), С 3° (52%), СВ 44° (7%).

Данные, приведенные выше, отражают абсолютное преобладание количества эрозионных ниш субширотного (24 из 31 изученной) и субмеридионального (пять) направлений над

количеством ниш иных направлений (два). Эта связь подчеркивается результатами просачивания по трещинам грунтовых вод, что создает условия для возникновения эрозионных ниш в легко размываемых гауйских песчаниках. В местах потоков грунтовых вод создаются особо благоприятные условия для активного развития эрозионных ниш, вытянутых в глубь склона.

Если рассматривать ниши как линейные элементы, то отмечается чрезвычайно близкое совпадение простираний последних с направлениями планетарной трещиноватости в районе.

Таким образом, высотное положение эрозионных ниш, так же как положение террасовых уровней, определяется этапами развития гидрографической сети, а их простирание отвечает направлениям планетарной трещиноватости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аболтынь О. П. 1966. Развитие долины р. Гауя. Автореф. канд. дисс. Вильнюс.  
Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.

Т. В. НИКОЛАЕВА, В. Ф. ШУВАЛОВ

### О ТРЕЩИНОВАТОСТИ МЕЗОЗОЙСКИХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

В настоящей статье приводятся результаты первого опыта изучения трещиноватости мезозойских образований Западной Монголии. Трещины в этих отложениях были изучены на большой площади их выходов на поверхность от оз. Убсу-нур на севере до юго-восточного окончания Гобийского Алтая (хр. Дзурумтай-ула). Кроме мезозойских отложений, трещины были замерены также в палеогеновых отложениях, развитых в районе озера Бэгэр-Нур. Всего замерено около 700 вертикальных трещин и обследовано при этом 12 объектов, более или менее равномерно распределенных по площади Западной Монголии. В каждом обнажении (где производились замеры трещин) был изучен вещественный состав толщ, а также взаимоотношения трещин со структурными элементами пород.

Мезозойские континентальные отложения в Монголии пользуются широким развитием на юге и в ее восточной части; на западе страны они простираются сравнительно узкой прерывистой полосой с северо-северо-запада на юго-юго-восток вдоль алтайских хребтов. В современном рельефе мезозойскими образованиями сложены невысокие горные и холмистые возвышенности; нередко их можно проследить и в депрессиях под покро-

вом кайнозойских осадков. Аналогичную позицию в современном рельефе занимают и палеогеновые отложения.

Мезозойские и кайнозойские континентальные толщи резко несогласно залегают на всех более древних складчатых образованиях. В возрастом и структурно-формационном отношении они подразделяются на орогенные комплексы нижней — средней юры и верхней юры — нижнего мела, платформенный комплекс верхнего мела — эоцена, и орогенный комплекс олигоцена — голоцена. Для первых двух комплексов, представленных угленосными (нижняя — средняя юра) и пестроцветными (верхняя юра — нижний мел) молассами и отделенных друг от друга крупным угловым региональным несогласием, характерна брахиформная складчатость. Углы падения на крыльях антиклинальных и синклинальных структур составляют в среднем для нижней — средней юры 30—40°, для верхней юры — нижнего мела — 10—20°. Лишь в зонах разломов интенсивность складчатости нередко возрастает и углы падения увеличиваются до 70—90° (вплоть до опрокинутого залегания). Мощность каждого из этих комплексов достигает 1000—1500 м.

Платформенный комплекс верхнего мела — эоцена характеризуется практически горизонтальным залеганием и представлен маломощными (до 300—400 м, чаще 150—200 м) песчаноглинистыми отложениями, развитыми исключительно на юго-востоке региона, в гобийской его части. Рассматриваемые нами олигоценовые отложения также чаще всего залегают горизонтально, характеризуются пестрым литологическим составом (конгломераты, песчаники, глины и др.) и мощностью до 300—400 м, реже более. Однако в отличие от верхнемеловых отложений они развиты в районах Монгольского и Гобийского Алтая, выполняя различные по величине межгорные и внутригорные впадины.

Как показывают наблюдения, среди трещин, пересекающих мезозойские породы, резко преобладают вертикальные, прямые, отчетливо выраженные в обнажениях. Кроме того, отмечаются следующие напластованию и крутопадающие наклонные трещины, являющиеся кососекущими по отношению к наклонным пластам пород. На сводной розе-диаграмме вертикальных трещин, построенной по 680 замерам, отчетливо выделяются два направления — СЗ 340° и ВСВ 70°, имеющие одинаковое количественное выражение (рис. 1). Небольшое число трещин имеют направления СЗ 320° и СВ 30°; на сводной розе-диаграмме они только намечаются.

Распределение направлений трещин по площади наглядно иллюстрируется схемой (рис. 2). Во всех районах замеров присутствуют главные направления трещин СЗ 340° и ВСВ 70—75°. Только в одних местах (Джаргаланту-нур, Алтан-Тээли) преобладает восток-северо-восточное направление трещин, а в других (Намирин-гол, Бэгэр) — северо-западное. Кроме того, почти

на всех розах-диаграммах наблюдается хорошо выраженное, но представленное небольшим количеством трещин, направление СВ 20—30°. Рисунки роз-диаграмм всюду отчетливые. Как мы уже отмечали, трещины замерялись в породах различного возраста и вещественного состава, характеризующихся разными условиями залегания. Ниже коротко рассмотрим особенности каждого комплекса и связанной с ними трещиноватости.

Нижне-среднеюрские отложения изучались нами в трех районах: 1) к северу от оз. Хиргис-нур в хр. Хан-Хухэй, 2) в хр. Джаргаланту-нуру и Оши-нуру, расположенных южнее оз. Хара-Ус-нур и 3) в хр. Дзурумтай-ула, на юго-востоке Гобийского Алтая. Во всех указанных районах нижне-среднеюрские отложения близки по составу и представлены грубообломочными образованиями (конгломераты с линзами и прослоями гравелитов и песчаников) в низах разреза, и песчаниками с прослоями алевролитов, аргиллитов и угля — в верхах разреза. Для указанных пород характерны серые, зеленовато-серые, темно-серые, реже светло-серые цвета. Мощности рассматриваемых отложений колеблются в значительных пределах: от 200—300 м (в районе хр. Дзурумтай-ула) до 1200—1500 м (в хребтах Джаргаланту и Хан-Хухэй). На северо-западе территории простираются нижне-среднеюрских толщ северо-западное; азимуты падения и углы падения — различные. В хр. Хан-Хухэй они СВ 20° ∠ 30°, в хр. Джаргаланту — ЮЗ 220° ∠ 40—70° (вплоть до опрокинутого залегания), в хр. Оши-нуру — СВ 70° ∠ 60—70°. На юго-востоке региона, в хр. Дзурумтай-ула простираются отложений нижней — средней юры северо-восточное, падение 280° ∠ 40°.

Среди трещин (305 замеров), пересекающих рассматриваемые отложения, преобладают вертикальные, группирующиеся по двум основным направлениям: СЗ 340° и ВСВ 70°. Значительно меньший процент трещин имеет направления СЗ 320° и ССВ 10°. Сравнение направлений трещин, замеренных в разных местах выходов нижне-среднеюрских образований, показывает их незначительные отличия (рис. 3). Сравнивая направления вертикальных трещин с простираемостью пород, можно отметить, что одно из них — северо-западное, в большинстве случаев

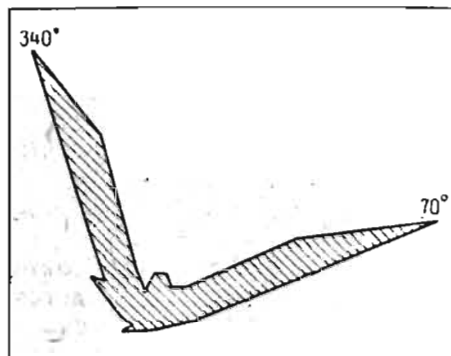


Рис. 1. Сводная роза-диаграмма трещиноватости Западной Монголии (680 замеров).

следует простираемости толщ, а другое — восточно-северо-восточное — ему перпендикулярно. Особенно отчетливо это видно в районе хр. Оши-нуру.

Верхнеюрско-нижнемеловые отложения исследовались в районах р. Намирин-гол (на северо-западе Монгольского Алтая) и юго-восточного окончания хр. Бумбату-Хайрхан (Алтан-Тээли). Наиболее древние породы этого ком-

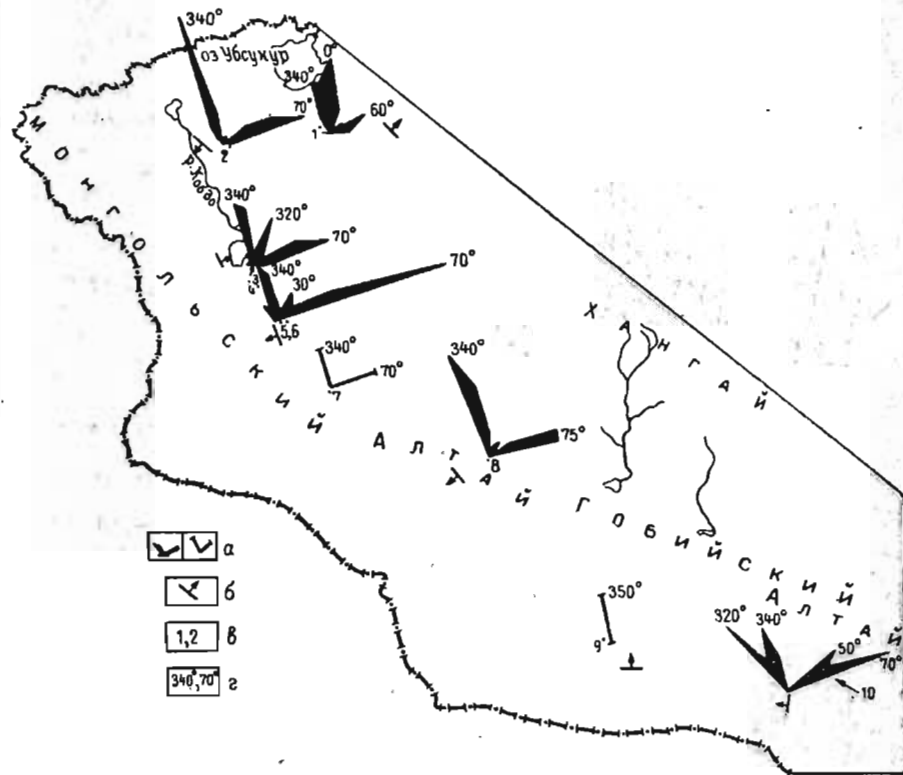


Рис. 2. Схема распределения основных направлений трещин по площади Западной Монголии.

а — роза-диаграммы; б — азимут падения толщ; в — места замеров трещин (1 — северо-западное окончание хр. Хан-Хухэй; 2 — р. Намирин-гол; 3—4 — хр. Джаргаланту-нуру и Оши-нуру; 5—6 — урочище Алтан-Тээли; 7 — урочище Гурван-Эрэн; 8 — впадина Бэгэр; 9 — урочище Ногон-Цаб; 10 — хр. Дзурумтай-ула; г — азимут простираемости вертикальных трещин.

плекса — верхнеюрские — изучались на левом берегу р. Намирин-гол. Здесь они представлены красноцветными конгломерато-брекчиями и конгломератами с прослоями песчаников в низах разреза и красновато-бурыми и серовато-бурыми плотными и слабосцементированными песчаниками с прослоями глин в верхах разреза. Мощность верхнеюрских отложений достигает здесь нескольких сотен метров. Красноцветы верхней юры

залегают несогласно на образованиях карбонового возраста и характеризуются моноклинальным падением к ЮЗ  $220^\circ \angle 10-12^\circ$ .

Верхнеюрская толща расчленена отчетливо выраженными вертикальными трещинами, направленными почти перпендикулярно к напластованию пород. Для трещин характерно два отчетливо выраженных направления (110 замеров) — СЗ  $340^\circ$ , ВСВ  $70^\circ$ .

В районе Алтан-Тээли обнажены более молодые породы рассматриваемого комплекса — верхнеюрско-нижнемеловые и нижнемеловые, сопоставляемые нами соответственно с цаганцабской и дзунбаинской свитами Восточной Монголии (Маринов,

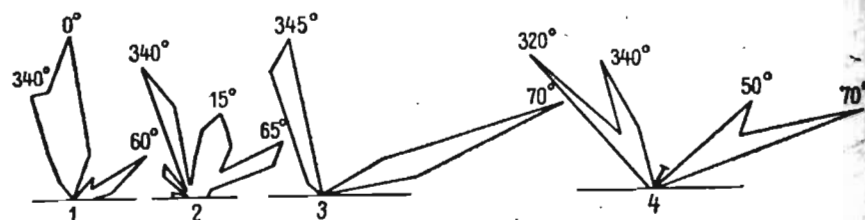


Рис. 3. Розы-диаграммы вертикальных трещин ниже-среднеюрских отложений.

1 — хр. Хан-Хухэй; 2 — хр. Джаргаланту-нуру; 3 — хр. Оши-нуру; 4 — хр. Дзурумтай-ула.

Хасин, 1947; Васильев и др., 1959) и ундурухинской и андахудской свитами Центральной Монголии (Шувалов, 1970). Они слагают здесь крупную брахиантиклинальную структуру северо-западного простирания, северное крыло которой оборвано в значительной мере параллельным сбросом. В ядре структуры обнажаются наиболее древние горизонты, параллелизуемые с ундурухинской и цаганцабской свитами, представленные сероцветными конгломератами с линзами песчаников, выше которых залегают аргиллиты с прослоями глин и песчаников. Мощность толщи около 350 м. Падение пород на юго-западном крыле ЮЗ  $250^\circ \angle 30^\circ$ . Наблюдения над трещиноватостью в этой толще показали (110 замеров), что трещины группируются в два основных направления: СЗ  $340^\circ$  и ВСВ  $70^\circ$ ; кроме того, отмечаются два менее выразительных направления — СЗ  $320^\circ$  и СВ  $35^\circ$ . Более молодые, нижнемеловые, отложения, параллелизуемые с дзунбаинской свитой, обнажаются здесь преимущественно на юго-западном крыле антиклинальной структуры. Они представляют собой толщу пестроцветных (красно-бурых, зеленовато-серых и буровато-серых) ритмично переслаивающихся песчаников, глин и аргиллитов мощностью до 300 м. Для толщи характерны те же элементы залегания, лишь углы падения близ контакта с перекрывающими кайнозойскими отложениями увеличиваются местами до  $40-45^\circ$ .

Проведенные в толще замеры трещин (80 замеров) показали, что их преобладающая ориентировка также СЗ  $340^\circ$  и ВСВ  $70^\circ$ . Второстепенные направления — СЗ  $320^\circ$  и СВ  $30^\circ$  — также почти аналогичны таковым для ранее описанной толщи. Кроме того, нами произведены частные замеры трещин в аналогичных по возрасту отложениях к северу от озера Хара-Ус-нур, близ г. Баян-Обо. Немногочисленные замеры трещин свидетельствуют о том, что здесь их направлениями являются СЗ  $345^\circ$  и ВСВ  $80^\circ$ .

Разрез верхнемеловых отложений и характер пересекающих их трещин был описан в районе урочища Ногон-Цаба, расположенного в Заалтайской Гоби. Он представлен различно сцементированными (преимущественно слабо) известковистыми песчаниками, залегающими в основании и верхах разреза, и пестроцветными глинами, с прослоями песчаников, преобладающими в средней части разреза. Для верхней пачки песчаников характерны прослои конгломератов. Мощность верхнемеловых образований в районе Ногон-Цаба составляет около 30 м. Породы лежат почти горизонтально, со слабым уклоном (до  $2-3^\circ$ ) пластов к северу. Трещины, наблюдаемые здесь, преимущественно вертикальные, все они перпендикулярны напластованию и группируются в близмеридиональном направлении —  $350^\circ$ . Лишь восточнее урочища Ногон-Цаба в отдельных обнажениях появляются вертикальные трещины с простиранием СВ  $20-30^\circ$ . Оligоценовые отложения, широко развитые в районе сомона Бэгэр (левобережье р. Цаган-Бургасуин-гол), резко несогласно залегают на верхнеюрско-нижнемеловых и палеозойских образованиях и перекрываются неогеновыми и четвертичными сероцветными рыхлыми отложениями. В месте замеров трещин (у слияния двух составляющих р. Дзамтин-гол) олигоценовые образования имеют мощность свыше 400 м и подразделяются на две пачки. Нижняя пачка (около 200 м) состоит из переслаивания пестроцветных (желто-бурых, лилово-бурых, красно-бурых) плотных глин и розово-серых и желто-бурых конгломератов и конгломератобрекчий и разнозернистых песчаников. В разрезе ее преобладают глины; мощность прослоев песчаников и конгломератов измеряется первыми метрами. Верхняя пачка (до 250 м) образована красно-бурыми глинами, песчаниками и конгломератами. В нижней ее части преобладают плотные глины (мощность их около 100 м) с редкими прослоями и линзами конгломератов и песчаников, а в верхней — наблюдается переслаивание глин, конгломератов и песчаников. Мощность прослоев конгломератов до 10 м, а песчаников до 3-4 м. В месте замеров трещин олигоценовые слои падают к ЮЗ  $220^\circ \angle 30-35^\circ$ . Среди трещин, пересекающих олигоценовые породы, преобладают вертикальные, характеризующиеся двумя отчетливыми направлениями — СЗ  $340^\circ$  и ВСВ  $70^\circ$ ; кроме того, сравнительно четко намечается направление СВ  $30^\circ$ .

Обобщая вышеизложенное о трещиноватости пород разного возраста, можно отметить, что основные направления трещин близки в породах разного возраста, состава и дислоцированности (рис. 4). Исключение составляют трещины верхнемеловых пород, где преобладает направление  $350^\circ$ . Возможно, это связано с небольшим количеством замеров трещин на ограниченной площади их развития. Кроме того, на розах-диаграммах трещин ниже-среднеюрских образований появляется направление СВ  $10^\circ$ , а верхнемеловых и олигоценовых — СВ  $30^\circ$ , не характерные для других комплексов. Эти направления имеют

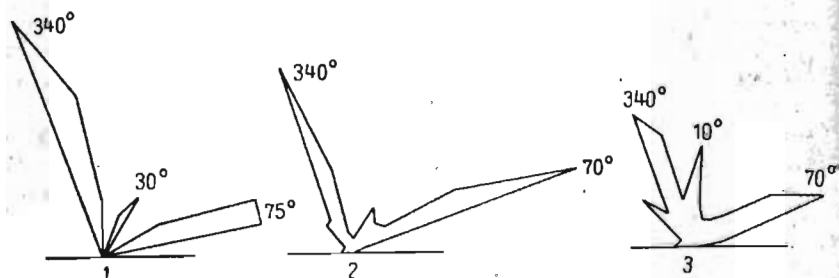


Рис. 4. Розы-диаграммы вертикальных трещин в породах разного возраста. 1 — олигоцен; 2 — верхняя юра — нижний мел; 3 — нижняя — средняя юра.

резко подчиненное значение по сравнению с главными направлениями трещин и на общий характер трещиноватости влияния не оказывают.

Основным направлениям трещин в каждом из участков замеров соответствует то или иное простирание какого-либо элемента рельефа. Так в районе р. Намирин-гол основное направление трещин СЗ  $340^\circ$ . Близрасположенные реки Кобдо (на большем своем протяжении) и Могоан-Бурэн имеют точно такое же направление. Простирания хребтов Оши-нуру и Джаргаланту-нуру соответствуют главному направлению трещин СЗ  $340^\circ$ . В районе развития верхнемеловых образований (урочище Ногон-Цаб), где преобладает близмеридиональное направление вертикальных трещин, р. Улдзийт-гол и параллельные ей сухие русла, начинающиеся севернее, в хребте Джинст-ула, имеют такое же направление.

Иногда не наблюдается прямого совпадения направлений хребтов или долин в целом с главным простиранием вертикальных трещин (например, в районе сомона Бэгэр). Однако при внимательном рассмотрении оказывается, что близлежащие хребты Гичигэнэ-нуру и Хан-Тайшири-нуру не являются прямолинейными, а имеют коленчатую форму (в плане); направления этих «колен» соответствуют простираниям основных систем вертикальных трещин — СЗ  $340^\circ$  и ВСВ  $70^\circ$ .

Как показали наблюдения, не только крупные горные хребты, речные долины или их значительные части, но даже и направления мелких долин временных потоков и отдельных их участков следуют направлениям указанных систем вертикальных трещин. Такое явление было установлено в пределах северного предгорья («бэля») хр. Батыр-Хайрхан. Сухие русла (сайры), прорезающие конусы выноса хр. Батыр-Хайрхан, сложенные четвертичными грубообломочными образованиями, имеют коленчатое строение. Каждый отдельный отрезок («колени») этих сухих русел соответствует направлению трещин СЗ  $320-340^\circ$  или ВСВ  $60-70^\circ$ .

В заключение можно отметить:

1. Наклонно залегающие слои мезозойских и частично кайнозойских отложений Западной Монголии рассечены трещинами, среди которых преобладают вертикальные и наклонные крутопадающие. Отмечается группа наклонных трещин, следующих напластованию пород.

2. Вертикальные трещины (по 680 замерам) отчетливо группируются в два направления: СЗ  $340^\circ$  и ВСВ  $70^\circ$ .

3. Сравнение трещин, замеренных в разных по возрасту, литологическому составу и дислоцированности породах, показывает очень небольшие отличия в их направлении. Почти всюду присутствуют вышеуказанные главные направления вертикальных трещин.

4. Северо-западное направление вертикальных трещин и простирание любой из изученных толщ в месте замеров чаще всего совпадают, а северо-восточное направление трещин перпендикулярно простиранию толщ. Близкое соотношение наблюдается и при сравнении направлений трещин и крупных зон разломов. Подтвержденные геологически и часто выраженные в рельефе зоны разломов также имеют северо-западное простирание.

5. Основные направления трещин, выделяющиеся на сводной розе-диаграмме, имеют отражение в ориентировке как крупных (горные хребты, их части, речные долины), так и мелких (коленчатые изгибы сухих русел) форм рельефа.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Марнинов Н. А., Р. А. Хасни. 1947. Советская геология, 24, стр. 27—36.
- Васильев В. Г., В. С. Волхонин, Г. Л. Гришин, А. Х. Иванов, Н. А. Марнинов, К. Б. Мокшанцев. 1959. Геологическое строение Монгольской Народной Республики (стратиграфия и тектоника). Гостоптехиздат.
- Шувалов В. Ф. 1970. Стратиграфия континентального мезозоя и мезозойская история геологического развития Центральной Монголии. Автореф. канд. дисс. Ротапринт. М.

## О НЕКОТОРЫХ ЧЕРТАХ ПЛАНЕТАРНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПОРОД ЛАТВИИ

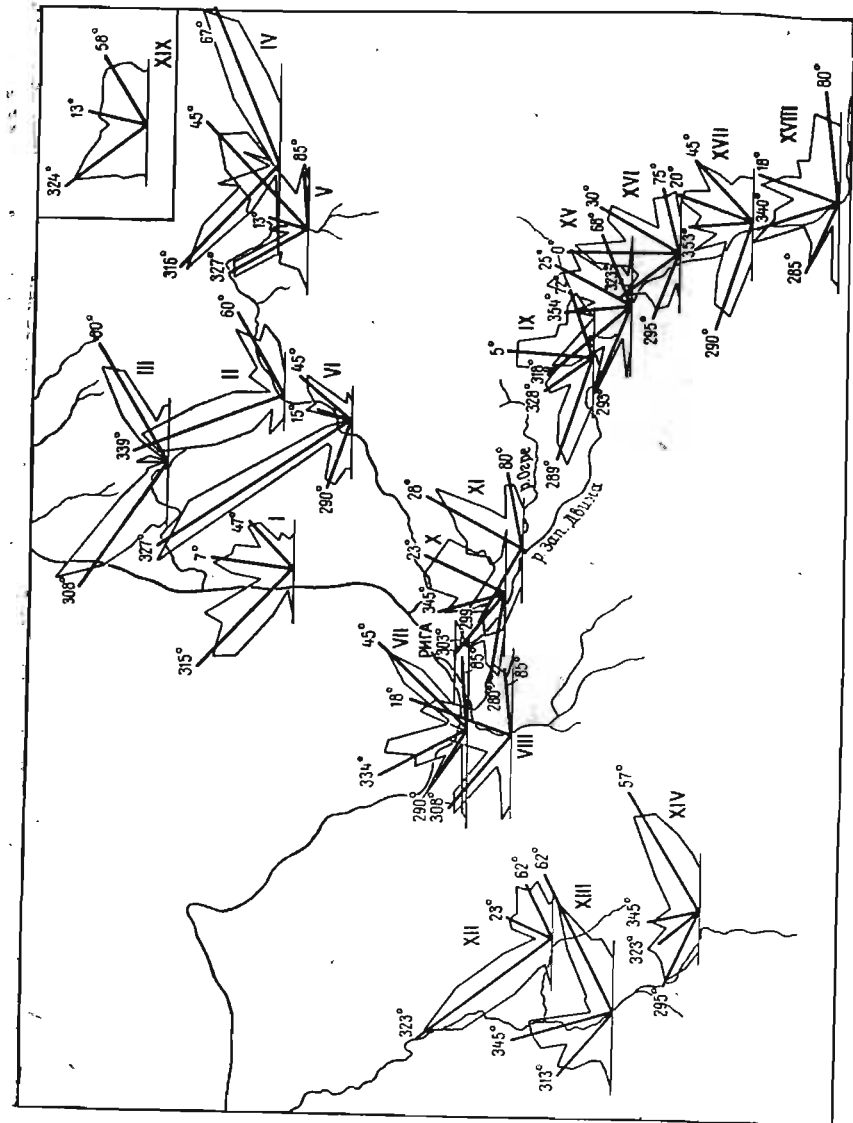
На территории Латвии была изучена трещиноватость девонских, пермских и четвертичных отложений. Большая часть исследуемой территории покрыта толщей девонских пород. Общее простирание девонских отложений северо-восточное с падением на юго-восток 1,5—2 м на 1 км (угол 6—8'). Пермские породы имеют незначительное распространение, известны лишь на юго-западе республики. Для них характерно моноклиальное залегание. Четвертичные осадки развиты повсеместно. Они относятся, главным образом к ледниковым образованиям. Их мощность и характер тесно связаны с рельефом коренных пород. Девонские отложения на территории Латвии представлены доломитизированными известняками, доломитами, глинами и песчаниками, относящимися к различным горизонтам среднего и верхнего отдела системы.

На севере республики, где широко развита красноцветная толща среднего девона, нами изучалась трещиноватость в глинах в карьере у с. Туе и Лоде (рисунок I, II). Глина пестроцветная, местами сильно песчанистая, переходящая в глинистый песок. Трещины в глинах не столь отчетливы, как в известняках. Они не делят породу на правильные блоки. Однако закономерность в их ориентировке можно наблюдать непосредственно в обнажении. Нередки большие трещины как вертикальные, так и наклонные. В нижележащие слои песков они не продолжают. Наклонные трещины заполнены песчаным материалом. Произведенные измерения простираний трещин в глинах (450 замеров) показали наличие двух четких направлений 335 и 60°, наиболее выразительным является северо-западное. Угол между выделенными направлениями 85° (табл. 1).<sup>1</sup>

В красноцветных песчаниках среднего девона и песчаниках подснегорского горизонта верхнего девона изучалась трещиноватость на правом берегу р. Салаца и небольшом карьере у г. Апе (см. рисунок, III, IV). В рассмотренных толщах преобладают большие трещины, секущие толщу видимой мощностью 3—4 м, с расстоянием между ними также 3—4 м. Особенно это характерно для красноцветных песчаников. Простирание трещин выдержанное, в основном они группируются по двум направлениям 308—316° и 60—67°. На сводной розе-диаграмме для песчаников среднего и верхнего девона (250 замеров) рисуются две системы 315 и 65°, угол между ними 70° (см. табл. 1).

<sup>1</sup> Углы между диагональными и ортогональными направлениями брались минимальные (<90°).

Розы-диаграммы и векторные диаграммы планетарной трещиноватости пород исследованных районов Латвии.  
I — с. Туе; II — с. Лоде; III — р. Салаца; IV — г. Апе; V — г. Цесис; VI — г. Цесис; VII — г. Слока; VIII — Калпиньшас; IX — у. Плавиньшас; X — у. Саурвалле; XI — р. Огре; XII — г. Салдус; XIII — с. Ниграде; XIV — с. Новал Акмяне; XV — XVIII — правый берег Западной Двины; XIX — сводная.



В карбонатных отложениях верхнего девона, представленных доломитизированными известняками и доломитами, трещины изучались на правом берегу р. Гауи, в карьерах у г. Цесис, Слока, Калнциемс и на правом берегу р. Западной Двины. В центральной части исследуемой территории распространена толща доломитизированных известняков псковского горизонта, которая узкой полосой тянется с востока на запад. В основном это светло-серые, с фиолетовым оттенком, слоистые, толстоплитчатые известняки. Наиболее монолитные породы можно наблюдать в карьерах у г. Цесис и Калнциемс. Развитые здесь трещины делят известняки на правильные, почти равновеликие блоки. Например, в карьере у г. Цесис величина этих блоков 35 на 30 см. На каждом участке замеров изученная трещиноватость имеет как близкие, так и несколько различные простирания основных направлений (см. рисунок, V, VI, VII, VIII). В первых трех участках замеров простирания основных систем трещин почти совпадают. Разница лишь в различной представительности имеющих направлений. Если в районе г. Цесиса преобладающим является северо-западное, то у г. Слока одна из главных систем — широтная. Несколько иной характер развитых трещин наблюдается в районе г. Калнциемс. Здесь преобладает близмеридиональное направление, незначительно представленное на р. Гауя, в карьерах у г. Цесис и отсутствующее у г. Слока.

Таким образом, в одних и тех же горизонтах отложений, неизученных на различных участках в целом сохраняется единство плана сети развитых планетарных трещин. Меняется лишь их представительность. Но кроме планетарных направлений трещин имеются еще системы, характерные для каждого конкретного участка замеров.

На правом берегу р. Западной Двины выходят доломиты плявиняской свиты. Доломиты серые до желто-красного цвета, (за счет ожелезнения), разноплитчатые, сильно кавернозные. Залегание пород нарушено. Они образуют небольшие антиклинальные и синклинальные складки. По данным Е. Н. Спрингис (1967), у г. Плявиняс расположена Плявиняская брахиантиклиналь. Крылья ее сложены доломитами саргавского горизонта, углы наклона пород на юго-западном крыле —  $13^\circ$ , а северо-восточном —  $17^\circ$ . Длинная ось складки имеет северо-западное простирание  $327^\circ$ . Амплитуда складки 80 м. Мелкие антиклинальные и синклинальные складки, наблюдаемые нами в карьере, имеют также северо-западное простирание  $320—327^\circ$ . Развитые здесь трещины группируются в четыре направления  $289^\circ$ ,  $328$ ,  $5$ ,  $72^\circ$  (см. рисунок, IX). Наиболее представительными являются системы  $289$  и  $5^\circ$ . Северо-западное направление  $328^\circ$  совпадает с простиранием большой оси Плявиняской брахиантиклинали и с простиранием мелких внутрислоевых складок в карьере. Наиболее представительное направление

$289^\circ$  совпадает с простиранием оси складки более высокого порядка, которая, по данным Спрингис, осложняет Плявиняскую брахиантиклиналь.

К югу от г. Риги, на правом берегу р. Западной Двины, в районе пос. Саукалне и в устье р. Огре на правом и левом берегах изучалась трещиноватость в толще доломитов и в меньшей степени гипсах, относящейся к шелонским и чудовским слоям верхнего девона. Как в доломитах, так и гипсах наблюдаются отчетливые системы трещин, в основном заключенные в пределах одного пласта. На правом берегу р. Огре породы смяты в небольшие антиклинальные складки, вмещающие северо-западное простирание. Нарушенное залегание пород имеется и в карьере Саукалне. Доломиты здесь красно-желтого цвета, сильно ноздреватые с большим количеством ископаемых раковин моллюсков и жеод, выполненных кальцитом, образующим натечные кристаллы. Трещины не пересекают раковин, дойдя до их поверхности, они заканчиваются. Ниже раковин видны новые трещины, которые имеют несколько иное простирание. Результаты измерений трещин в карьере Саукалне и по берегу р. Огре следующие: (см. рисунок X, XI). Наблюдается различие в характере трещиноватости в пределах рассматриваемых пунктов замеров, в которых отмечается нарушенное залегание пород. Близ пос. Саукалне находится Навессалинская структура, которая, по данным П. П. Лиепиньша (1959), имеет амплитуду до 20 м и в настоящее время активно растет. Ее простирание близко к простиранию северо-западной системы трещин. Наблюдаемые нами на р. Огре мелкие складки совпадают с простиранием одной из развитых здесь направлений трещин  $299^\circ$ .

В целом для карбонатной толщи верхнедевонских отложений Латвии (2475 замеров) характерны четыре направления трещин: два диагональных  $323,40^\circ$  и два ортогональных, из которых близмеридиональное колеблется в пределах  $353—13^\circ$ , а широтное  $270—285^\circ$ . У ортогональных систем нет четких максимумов. Угол между диагональными направлениями равен  $77^\circ$ , а между крайними значениями ортогональных систем  $83$  и  $88^\circ$ .

В девонских породах описываемой территории, представленных доломитизированными известняками и доломитами, песчаниками, глинами, характерны определенные направления трещин (см. табл. I).

В каждой из рассмотренных толщ девонских отложений характерны свои направления, несколько отличные от направлений трещин пород другого вещественного состава. Однако вряд ли следует утверждать, что для определенной пачки отложений присущи те или иные системы трещин. Различие, которое наблюдается в простираниях выделяющихся направлений трещин, обусловлено в первую очередь, по-видимому, влия-



нием локальных причин в каждом участке замеров (Шульц, 1969). Углы между направлениями трещин у известняков и глин близки к прямому.

На юго-западе исследуемой территории в районе г. Салдус и Новый Акмяне (северная Литва) изучалась трещиноватость верхнепермских отложений, представленных разнообразными карбонатными фациями (Сувейздис, 1963).

В окрестностях г. Салдуса развиты доломитизированные известняки серого цвета, слоистые, глинистые, участками сильно ожелезненные. Среди глинистых разностей известняков встречаются прослои более темных по цвету известняков, ко-

Таблица 1.

Основные азимуты простираций трещин в породах разного вещественного состава

Вещественный состав пород	Кол. замеров	Направление, град.				Угол между направлениями
		СЗ	меридиональное	СВ	широтное	
Известняки, доломиты . . . . .	2475	323	353—13	40	270—285	77, 83, 88
Песчаники . . . . .	250	315	—	65	—	70
Глины . . . . .	450	335	—	60	—	85

торые по механическому составу являются более плотными. В глинистых известняках трещин очень много. Расположены они, как кажется при общем осмотре обнажения, беспорядочно. В более плотных слоях известняков трещин меньше, они менее четкие, зачастую неровные. Кроме того, в них можно видеть тонкие, волосяные трещины. В карьере у пос. Ниграде, расположенном в 30 км юго-западнее г. Салдуса, наблюдались большие наклонные трещины, видимой протяженностью до 10 м. Углы падения трещин 35—48°. Выполнены они кальцитом. Среди крупных наклонных трещин, пересекающих всю видимую толщу обнажения, развиты мелкие наклонные трещины, пересекающиеся в разрезе под острым углом. В карьере Новый Акмяне в основном преобладают мелкие внутрислойные трещины. Большие трещины, секущие несколько слоев, видимой мощностью до 5 м, встречаются редко. Поверхности этих трещин или ожелезнены или же покрыты налетом кальцита, но чаще всего они заполнены глинистым материалом. В описываемом карьере широко развиты кремнистые стяжения (Канадус, 1967). Размер их до 10 см. Трещины не пересекают стяжения, а заканчиваются на их поверхности. В описываемой толще доломитизированных известняков трещины замерялись в трех участках (см. рисунок, XII, XIII, XIV). В исследуемых районах

имеются как общие направления трещин с незначительными колебаниями азимутов простираций 313—323° и 57—62°, так и направления, которые присутствуют лишь в одном или двух участках замеров. Представительность общих направлений трещин меняется.

Трещиноватость четвертичных отложений изучалась на правом берегу р. Западной Двины на участке от г. Крустпилса до г. Даугавпилса (см. рисунок, XV—XVIII). Представлены четвертичные породы различными разностями глин. Как и в девонских глинах, здесь наблюдается своеобразный рисунок трещин. Они в основном круто наклонные (70—80°). В разрезе трещины в глинах пересекаются, образуя острый угол внизу или

Таблица 2

Основные азимуты простираций трещин в породах разного возраста.

Возраст пород	Кол. замеров	Направление, град.				Угол между направлениями
		СЗ	меридиональное	СВ	широтное	
Девонский . . . . .	3175	285, 325	13, 353	45	72	80, 88, 59
Пермский . . . . .	2300	314	—	54	—	80
Четвертичный . . . . .	875	292, 325	18, 353	45	72	80, 73, 54

вверху, но чаще внизу. Поверхности трещин гладкие, но неровные, а слегка выпуклые или вогнутые. Слоистость в рассматриваемых глинах не заметна. В тех же случаях, когда ее можно наблюдать, трещины не соответствуют ей. В ленточных же глинах отчетливо видны горизонтальные трещины, идущие по наслонению.

Замеренные нами трещины в глинах (875 замеров) дают пять направлений: 292°, 325, 18, 45, 72°.

Построенные сводные розы-диаграммы для разновозрастных (девонских, пермских, четвертичных) толщ показывают направления развитых в них трещин (см. табл. 2).

Отмечается сходство общего плана сети планетарных трещин в девонских и четвертичных породах. Диагональные и широтные лучи имеют почти одинаковые градусные значения. Меридиональное направление представлено и в девонских и в четвертичных отложениях двумя максимумами, близкими по значению друг к другу. В пермских породах план трещиноватости иной: нет ортогональных систем. Диагональные лучи повернуты относительно соответствующих лучей девонских и четвертичных пород на угол 9° по и против часовой стрелки.

Изучение планетарной трещиноватости на территории Латвии показало, что в основном господствующими являются два направления: северо-западное и северо-восточное. Меридиональное и широтное в большинстве случаев имеет подчиненное значение. Выраженность только двух диагональных систем 324 и 58° видна и на сводной розе-диаграмме трещиноватости для всей территории Латвии (6350 замеров) (см. рисунок, XIX). В пределах каждого участка наблюдений происходит изменение градусного значения азимутов простираний преобладающих систем, меняется и их представительность. Это, по-видимому, обусловлено влиянием локальных условий в пределах каждого района замеров.

Наблюдается отчетливая взаимосвязь между простиранием трещин и прямолинейных элементов рельефа и простиранием локальных складок, развитых на правом берегу Западной Двины.

На севере республики (см. рисунок) основным направлением трещин для девонских пород является северо-западное. Аналогичное простирание имеет здесь и развитая речная сеть. Ближе к берегу Рижского залива у с. Туе и в районе Слока и Калнциемса наряду с развитыми диагональными лучами хорошо представлены и ортогональные системы, подчеркивающие простирание береговой линии залива. Наиболее наглядным примером взаимосвязи между направлениями развитых трещин и простираниями изгибов прямолинейных отрезков реки является правобережье р. Западной Двины, где отчетливо виден поворот систем трещин и прямолинейных отрезков ее долины. Простирание развитых здесь дислокаций совпадает с направлением одной (в основном северо-западной) системы трещин.

Отмечается некоторая перестройка плана сети планетарной трещиноватости в пермских отложениях на исследуемой территории. Девонские и четвертичные породы имеют единые направления планетарных трещин.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Канадус В. Б. 1967. В сб.: Вопросы геологии среднего и верхнего палеозоя Прибалтики. «Зинатне», стр. 201—207.  
Лиепиньш П. П. 1959. Геология долины реки Даугавы. Изд. АН Латв. ССР.  
Спрингис Е. Н. 1967. В сб.: Вопросы геологии среднего и верхнего палеозоя Прибалтики. «Зинатне», стр. 225—244.  
Сувейздис П. С. 1963. В сб.: Вопросы геологии Литвы. Изд. АН Лит. ССР, стр. 225—371.  
Шульд С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.

З. А. СВАРИЧЕВСКАЯ, Е. И. КОРНУТОВА

### ОСОБЕННОСТИ ПЛАНЕТАРНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ СРЕТЕНСКОГО ГРАНИТНОГО МАССИВА (Забайкалье)

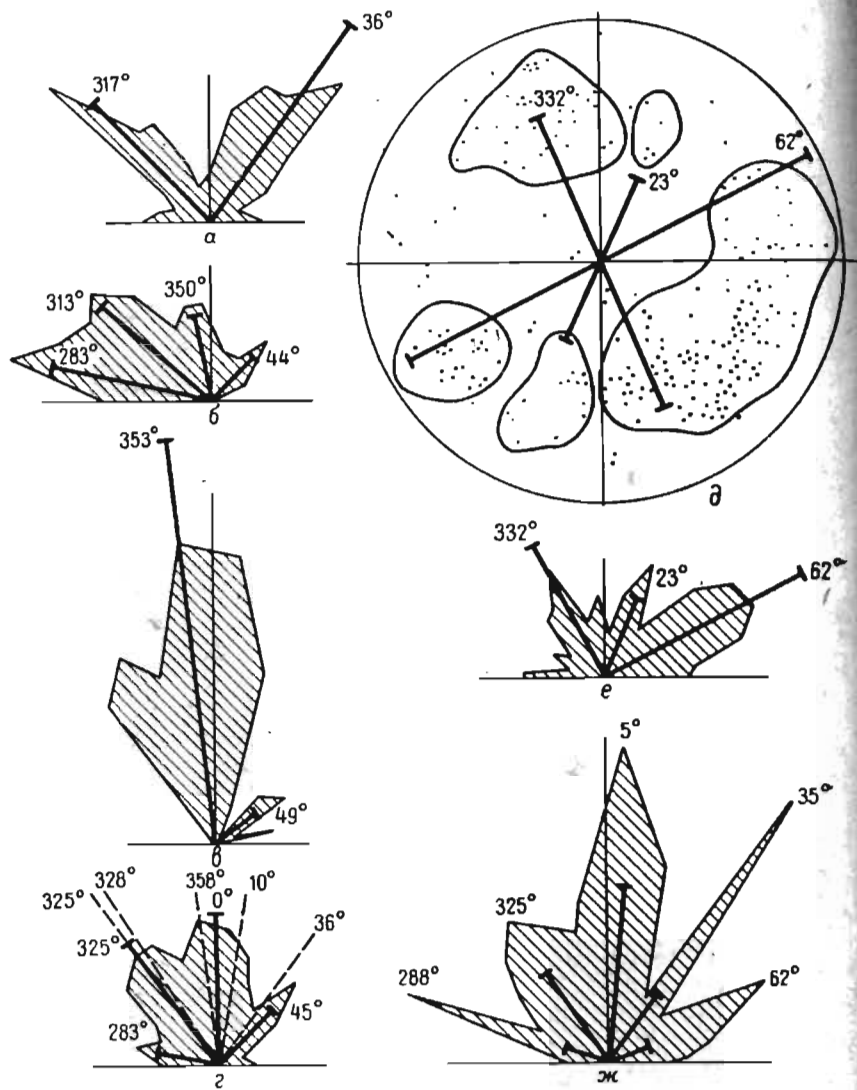
Исследованию планетарной трещиноватости подвергся гранитный массив, образующий левый склон долины р. Шилки, выше западной окраины г. Сретенска.<sup>1</sup> Река Шилка протекает вдоль юго-восточной окраины Шилкинской впадины, заложенной в раннем мезозое. Шилкинская впадина ориентирована на данном участке в северо-восточном направлении, имеет ширину до 6—8 км и ограничена с северо-запада и юго-востока крупными зонами разломов. Северо-западный разлом является частью Монголо-Охотского глубинного разлома; по юго-востоку — заложена долина р. Шилки.

Разрывными нарушениями северо-западного простирания впадина разбита на крупные блоки. Часть из них глубоко опущена (Оловская, Делюнская и др. впадины). В районе г. Сретенска наблюдается относительно поднятый блок, сложенный среднеюрскими гранитами сретенского комплекса. К западу от г. Сретенска, в бассейне р. Матакан, эти граниты прорывают песчаники и конгломераты ранне-среднеюрского возраста. В то же время, по данным наблюдений В. Ю. Шенфиль и др., в 1962—1970 гг. галька гранитов включена в породы нижнего мела. Абсолютный возраст их, как отмечают те же авторы, 120 млн. лет. Таким образом, возраст гранитов, на основании приведенных материалов, может быть определен как средне-позднеюрский. Породы комплекса представлены серыми амфибол-биотитовыми гранитами и гранит-порфирами, пронизанными жилами аплитов и аплитовидных гранитов и пегматитов, мощностью от 3—5 см до первых метров.

Обнажаются граниты в железнодорожной выемке, дугообразно изогнутой. Ориентировка ее имеет три основные направления: I участок — 75°, длина 100 м; II участок — 50°, длина 110 м и III участок — 10°, длина 160 м. На каждом участке были замерены трещины, как вертикальные (300 замеров), так и наклонные (300 замеров). Замерены также элементы залегания аплитовых жил, секущих гранитный массив (60 замеров).

Анализ результатов замеров вертикальных трещин показал, что в условиях разной ориентировки сечения гранитного массива (разных участков) получились разные системы направлений трещиноватости. Роза-диаграмма первого участка имеет два четко выраженных луча — векторы 317 и 36° (рисунок а),

<sup>1</sup> Статистическая и графическая обработки произведены ст. лаборантами Е. И. Митюхиной и Р. А. Борисовой. Замеры трещин в поле производились Л. В. Сваричевской.



Розы-диаграммы и векторные диаграммы вертикальных и наклонных трещин. *a* — первый участок обнажения; *b* — второй участок обнажения; *v* — третий участок обнажения; *z* — сводная для всего обнажения (325° — кварцевые жилы, 358° — большие трещины, 353° — зона расланцевания, 10° — зеркало скольжения, 36° — волнистые трещины); *d* — круговая диаграмма наклонных трещин с векторами простираний; *e* — простирания наклонных трещин; *ж* — линзементы.

для второго участка — характерны четыре, но нечеткие лучи — векторы 283°, 313, 350 и 44° (рисунок б) и в третьем случае — хорошо выражен один вектор 353° (90%) и небольшой вектор 49° (рисунок в). Но следует сказать, что разные, на внешний вид, рисунки этих роз-диаграмм на самом деле не столь уж различны. Основные направления сохраняются, отличается лишь количество замеров каждого направления, что определяется разной ориентированностью стенок обнажения. Сводная роза-диаграмма для всех трех стенок выемки дала четыре луча с векторами 283, 325, 0 и 45°, т. е. ортогональные и диагональные лучи (рисунок г).

Вопросами планетарной трещиноватости много и плодотворно занимается С. С. Шульц. На основании анализа своих работ, исследований Лаборатории планетарной трещиноватости ЛГУ (произведенных преимущественно на территории Северо-Запада Европейской части СССР), а также опубликованных данных, им установлены основные четыре направления планетарной трещиноватости — главные диагональные 45 и 315° и ортогональные 0 и 270°. Эти направления соответствуют, по Шульцу, простиранию также и теоретически вычисленной сети планетарных направлений. Полученные нами результаты не совсем аналогичны данным Шульца. Совпали направления 0 и 45°, но остальные дали отклонения 283° вместо 270° и 325° вместо 315°. По-видимому, причина этого несовпадения заключается отчасти в том, что для полноты сбора информации по трещиноватости требуется замерить большое количество трещин.

Вертикальные трещины имеют различную длину, разную степень выраженности и морфологии (рисунок, г).

Наиболее крупные и хорошо выраженные трещины вытянуты в северо-западном направлении (320°), секут все обнажения, прямолинейные, иногда достигают 0,5 см ширины. Так же хорошо выражены трещины, имеющие зеркала скольжения, тоже обычно прямолинейные, вытянутые в меридиональном направлении (вектор 10°). Четкими, хотя и не всегда длинными являются трещины, связанные с зонами дробления, расланцевания (вектор 358°). В целом их направления совпадают с «лепестками» розы-диаграммы и весьма близки с направлением векторов.

Помимо вертикальных трещин, как уже было указано, хорошо представлены и наклонные. Они были нанесены как на круговую диаграмму с векторами простираний (рисунок, д), так была построена и роза-диаграмма простираний тоже с нанесением тех же векторов (рисунок, е). Как видно, основные направления простираний наклонных трещин (векторы 332, 23 и 62°) не совсем совпали с направлением вертикальных трещин хотя для районов северо-запада, где проводились исследования Лаборатории планетарной трещиноватости ЛГУ, отмеча-

лось их совпадение. Возможно недостаточным явилось также число замеров.

Как уже отмечалось, для гранитного массива характерна четко выраженная система секущих его аплитовых жил. Они использовали наклонные трещины северо-западных румбов ( $\angle 45-55^\circ$  аз. падения  $340-350^\circ$ ), а также северных ( $\angle 42-58^\circ$  аз. падения  $0-7^\circ$ ). Простирание их дает два четких вектора  $66$  и  $273^\circ$ .

Была прослежена отраженность основных систем трещиноватости в рельефе. Для этого были замерены линеаменты — по направлениям подножий хребтов и гряд (29 замеров) и по спрямленным участкам речных русел (74 замера). В первом случае выявилось четыре направления —  $337^\circ$ ,  $358$ ,  $41$  и  $85^\circ$ , причем последнее направление является наиболее характерным (85%). Направления речных русел дали несколько отличные результаты по сравнению как с хребтами, так и с системой трещиноватости. Их основные векторы  $288^\circ$ ,  $325$ ,  $5$ ,  $35$  и  $62^\circ$ . Достаточно близко совпали направления русел и трещиноватости первых трех векторов (рисунок, ж). В данном случае трудно ожидать полного совпадения, так как, во-первых, мало замеров и; во-вторых, эрозионные процессы подчинены избирательным путям, обусловленным не только планетарной трещиноватостью, но и тектоническими структурами, литологией размываемых толщ, предшествующей истории развития, физико-географическими условиями и т. д. Поэтому даже частичное совпадение является уже важным.

Останавливаясь еще раз на сопоставлении простираний планетарной трещиноватости верхнеюрского гранитного массива в долине р. Шилки и сравнительно изученных пород допалеозойского и палеозойского возраста Северо-Запада Европейской части СССР, а также пермского и мезозойского возраста Приволжской возвышенности, изученных работами Лаборатории планетарной трещиноватости, можно отметить, что получилась сходная картина. Отклонения, возможно, связаны, как уже указывалось, с недостаточной изученностью интрузии, а также, что не менее вероятно, с тектоническими особенностями территории. В данном случае мы имеем дело с орогенной областью, хотя и умеренного горообразования, и несомненно часть трещин оказалась обусловленной местными условиями формирования тектонических локальных структур.

Г. Д. СЕЛИВАНОВ

## К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В РАЙОНЕ САБЛИНСКОЙ УЧЕБНО-НАУЧНОЙ БАЗЫ ЛГУ

Первое изучение трещиноватости горных пород района Саблино было поставлено в летние сезоны 1938—1940 гг. В задачи практики не входило специальное изучение трещиноватости во всем ее объеме и качественных особенностях. Данные по трещиноватости собирались попутно с прочим геологическим материалом согласно учебной программе. Однако для интересующихся и работавших уже в геологических партиях отдельных студентов давались некоторые дополнительные указания. В процессе камеральной обработки цифровой материал после составления сводных таблиц переводился в процентное выражение и графически оформлялся в системе прямоугольных координат. В последних на оси ординат отмечались проценты, а на оси абсцисс наносились азимуты простираний. Наблюдаемые максимумы («пики» на кривой) принимались как главные направления трещиноватости и на основе их делались определенные выводы.

В дальнейшем в связи с военным временем весь цифровой материал, отдельные отчеты, сводки, колонки по разрезам, образцы жильных заполнений трещин, фотографии — все было утрачено, за исключением случайно сохранившихся нескольких чертежей и небольшого количества цифровых данных полевых замеров. Выводы из последних и контрольных замеров 1969 г., после их современной статистической обработки, помещены в настоящем сборнике (статья Е. Н. Азбукиной, Г. Д. Селиванова и Н. П. Федорова). В приводимой работе мы сделаем лишь только некоторые выводы из графических данных, имеющих теперь в основном историческое значение.

Графические материалы позволяют констатировать, что в описываемом районе наблюдается явно выраженная закономерная трещиноватость. Она может быть разбита на две парных системы: одна в направлении СЮ и ЗВ (ортогональная система), другая — под углом  $45^\circ$  к ней (диагональная). Ортогональная система выражена довольно слабо и встречается не во всех обнажениях. Преобладающей трещиноватостью является диагональная. Однако в последней наблюдаются некоторые вариации в зависимости от литологического состава пород и их стратиграфического положения. Так, останавливаясь на рассмотрении кривой трещиноватости по пескам и песчаникам кембрия и нижнего ордовика (пакерортский горизонт), находим, что основная масса трещин сосредоточена в северо-восточной части кривой, образуя здесь несколько асимметричный пик, с крутым западным склоном и лестнично расположенной во-

сточной стороной (рис. 1а). Главный максимум приходится на направление СВ 50° (6,5%). Далее в порядке уменьшения следуют второстепенные — в направлениях: СВ 60° (6%), СВ 70° (5%). В северо-западных направлениях кривая как бы растянута, образуя ряд мелких зубчатых поднятий. Главный максимум падает на СЗ 310° (4%), а второстепенные располагаются в направлениях: СЗ 300° (3%), СВ 330° (3%). Замеры северо-восточного направления выражены обычно более четко и значительно чаще, чем все другие направления. Общее количество замеров 5437.

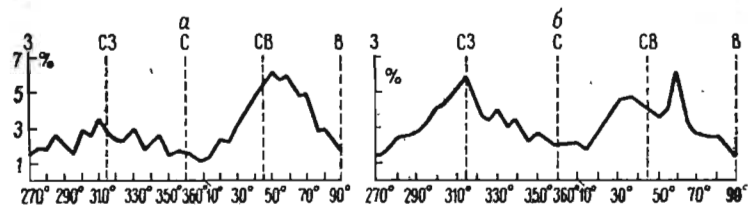


Рис. 1. Кривые трещиноватости пород разного состава и возраста района Саблинской учебно-научной базы ЛГУ.  
а — пески и песчаники кембрия и нижнего ордовика (5437 трещин); б — известняки нижнего ордовика (4502 трещины).

В кривой по известнякам и мергелям нижнего ордовика (см. рис. 1б) можно наблюдать два острых пика: СЗ 315° (5%) и СВ 60° (5%). Между ними более пологий, средний по высоте пик с направлением СЗ 35° (4,0%). Общее впечатление, что трещиноватость почти одинаково рассеяна по всей кривой, за исключением диагональных высотных отметок. Но более внимательный подсчет замеров показал, что в известняках, в отличие от песков, преобладают северо-западные направления и среди последних следует отметить СЗ 330° (4%), СЗ 340° (3%). В северо-восточной половине, помимо главного СВ 60°, наблюдается в порядке последовательности СВ 35° (4%) и СВ 30° (4%). В известняках и мергелях было отмечено 4502 замера. Общее количество замеров — 9939.

Представляется интересным отметить, что почти аналогичная картина наблюдается и в известняках Северной Эстонии. Тейхерт (Teichert, 1927), ссылаясь на Таммекана, отмечает там преобладающее простирание трещин в направлениях СЗ 315° и СВ 50°, причем наиболее постоянным является первое (СЗ 315°), в то время как второе колеблется между СВ 30° и СВ 60°.

Графическое оформление полевых записей проводилось не только в системах прямоугольных координат, но и в роза-диаграммах. И в последних также наглядно можно видеть особенности процентных взаимоотношений трещин между собой и связанных с ними линий простираний. Максимальные величины

известных направлений, как уже отмечалось выше, принимались как основные показатели местной трещиноватости. Таким образом, главными направлениями для песков являлись СВ 50° и СЗ 310°, для известняков СЗ 315° и СВ 60°. Эти данные очень близки к показателям замеров трещиноватости многих других авторов сборника. Представлялось интересным выразить приводимый материал в розах-диаграммах. Это было сделано в более позднее время на основе цифровых материалов, почерпнутых из графических данных системы прямоугольных координат. В результате были получены следующие показатели: 1) для песков и песчаников кембрия и нижнего ордовика: СЗ 310° (40%), СВ 50° (60%); 2) для известняков и мергелей нижнего

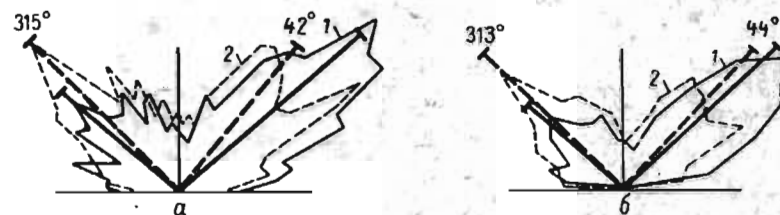


Рис. 2. Розы-диаграммы и векторные диаграммы трещиноватости песков и песчаников кембрия и нижнего ордовика (1) и известняков нижнего ордовика (2) района Саблинской учебно-научной базы ЛГУ.  
а — интервал 5°; б — интервал 10°.

ордовика: СЗ 315° (51%), СВ 42° (49%) (рис. 2а). Роза-диаграмма построена по таблицам с интервалами в 5° в силу того, что и материал по трещинам в системе прямоугольных координат был обработан в пятиградусном интервале. Для сравнения с современными данными нами был обработан материал в интервале 10° и получены следующие данные: для песков и песчаников кембрия и нижнего ордовика — СЗ 312° (40%), СВ 48° (60%); для известняков и мергелей нижнего ордовика — СЗ 313° (51%), СВ 44° (48%) (см. рис. 2б).

При сравнении полученных цифровых материалов можно сделать следующие выводы.

1. Статистически обработанные показатели роз-диаграмм близки и в некоторых случаях (при одинаковом интервале усреднения) почти с градусной точностью совпадают с главными направлениями трещиноватости прямоугольных координат.

2. При изменении интервала усреднения показатели трещиноватости изменяются. Так, в приводимом случае при изменении интервала с 5 на 10° разница между показателями выразилась величиной  $\pm 2^\circ$ .

3. Показатели трещиноватости Саблинского района стратиграфически и литологически разных пород очень близки между собой с пределами колебаний  $\pm 5^\circ$  для северо-западных направ-

лений и  $\pm 4^\circ$  для северо-восточных, т. е. полностью укладываются в пределах одного  $10^\circ$  интервала.

4. Приведенные данные по замерам одного района с несколько менее 10 000 замеров весьма близки к показателям (СЗ  $315^\circ$  и СВ  $43^\circ$ ) более чем 29 000 замеров экспедиции ЛГУ для Северо-Запада Русской платформы и территории Среднего Поволжья (Шульц, 1969). И если северо-западные направления здесь почти совпадают, то разница для северо-восточных не превышает  $\pm 6^\circ$  и также укладывается в пределах одного  $10^\circ$  интервала.

5. Рассмотренные закономерности ориентировки трещин позволяют признать их планетарными.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.  
Teichert C. 1927. Die Kluftektontik der cambro silurischen Schichtentafel Estlands, Geologische Rundschau, Bd. XVIII, Heft 4, стр. 27.

Е. Н. АЗБУКИНА, Г. Д. СЕЛИВАНОВ, Н. П. ФЕДОРОВ

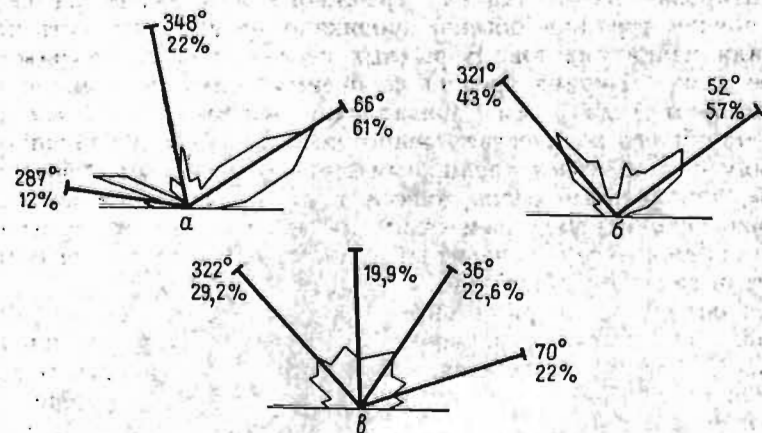
### О ПЛАНЕТАРНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В РАЙОНЕ САБЛИНСКОЙ УЧЕБНО-НАУЧНОЙ БАЗЫ ЛГУ

Как показали работы Лаборатории планетарной трещиноватости ЛГУ в 1965—1969 гг., в различных районах Русской платформы направления систем планетарных трещин на сводных диаграммах-розах, построенных по большому количеству замеров для значительных по площади территорий, близки друг к другу и повсеместно образуют два основных луча с азимутами простираний СВ  $42\text{—}45^\circ$  и СЗ  $312\text{—}325^\circ$ . Однако замеры трещин в различных по возрасту и литологическому составу породах, отдельных обнажениях и карьерах дают значительные отличия в направлениях диаграмм-роз и векторов на ограниченных по площади участках. С этой точки зрения представляется интересным проследить характер трещиноватости горных пород, выходящих на участке работ Саблинской учебно-научной базы ЛГУ.

База расположена в Тосненском районе Ленинградской области в 40 км к юго-востоку от Ленинграда. Она находится в восточной части Ижорского плато, поверхность которого образует здесь полого-волнистую равнину высотой 35—40 м над уровнем моря, ограниченную в 7—8 км к северу уступом Балтийско-Ладожского глинта. В результате глубинной эрозии рек

Тосны и ее левого притока Саблинки в приглинтовой части плато образовались глубокие каньонообразные долины, на склонах которых обнажаются пласты горных пород нижнепалеозойского возраста. Хорошие обнажения слагающих пород наблюдаются также в карьерах строительных известняков, песков и кирпичных глин.

Трещиноватость горных пород в районе Саблинской учебно-научной базы ЛГУ изучалась Г. Д. Селивановым во время учебной практики со студентами геологического и географического факультетов в 1939—1940 гг., а также Е. Н. Азбукиной и



Розы-диаграммы трещин в породах разного возраста.  
а — нижнекембрийские глины; б — кембрийские и нижнеордовиковские пески и песчаники; в — нижнеордовиковские известняки.

Н. П. Федоровым в 1966—1968 гг. Кроме того, авторы собирали в районе дополнительный материал в составе тематической Северо-Западной экспедиции Научно-исследовательского географо-экономического института (НИГЭИ).

Замеры трещин производились в естественных обнажениях в эрозионных обрывах рек и на стенках карьеров и старых каменоломен, а также на дне усохших речек в пластах, лежащих почти горизонтально. Плоскости трещин по преимуществу секут пласты перпендикулярно плоскостям напластования, располагаясь внутри отдельных пластов или пересекая несколько пластов различной мощности.

Трещиноватость изучалась в отложениях синих глин лонтоваской свиты балтийской серии нижнего кембрия, в толще песков и песчаников, относящихся к пиритаской и тискреской свитам нижнего и среднего кембрия и тосненскому подгоризонту пакерортского горизонта нижнего ордовика и в известняках и мергелях волховского и кундского горизонтов нижнего ордовика.

В нижнекембрийских синих глинах трещиноватость выражена нерезко, а иногда и совсем не наблюдается. Замеры трещин производились Азбукиной и Федоровым в районе базы ЛГУ, С. С. Шульцем (1969) в 3 км к северу от базы. По данным разных авторов, выделяются системы трещин с различной степенью выраженности (рисунок, а).

Таким образом, у разных исследователей на близких участках получается различное количество систем трещин, и эти системы значительно отличаются друг от друга (см. табл.)

В толще песков и песчаников кембрия и нижнего ордовика трещиноватость проявляется наиболее отчетливо. В плотных цементированных песчаниках трещиноватость выражена сильнее, причем трещины обычно проникают на всю мощность пласта или пачки пластов. В рыхлых песках трещины выражены менее резко. Ширина трещин по преимуществу невелика и колеблется от 1 до 5 мм. Превалируют величины 2—3 мм (до 70% от общего количества трещин по отдельным обнажениям). Наряду с открытыми трещинами широко распространены трещины, заполненные очень тонким и плотным материалом, настолько сцементированным окислами железа, что при выветривании обнажения он значительно выступает впереди его плоскости в виде тонкой стенки.

Преобладают вертикальные трещины, пересекающие несколько литолого-стратиграфических горизонтов, часто наблюдается, например, пересечение плоскостями вертикальных трещин границы тискреской свиты среднего кембрия и тосненского подгоризонта пакерортского горизонта нижнего ордовика. Иногда встречаются крупные наклонные трещины, но количество их невелико и составляет менее 1% от общего числа замеров.

Замеры трещин в песках и песчаниках производились Азбукиной и Федоровым в районе базы ЛГУ и Селивановым на несколько более широкой площади (см. рисунок, б).

Следовательно (см. таблицу), по большому количеству замеров и по материалам разных исследователей две главные диагональные системы трещин в толще песков и песчаников близко совпадают между собой, отклоняясь в пределах одного интервала 10°.

В известняках и мергелях нижнего ордовика трещиноватость выражена достаточно четко. Ширина трещин в известняках изменяется от долей миллиметра до нескольких сантиметров, превалируют величины 1—3 мм. В некоторых случаях ширина трещин достигает 10 см и более, такие трещины являются обычно зияющими и несут следы размыва.

Преобладают вертикальные трещины, слепо кончающиеся в подошве и кровле отдельных пластов. Часто в подошве и кровле пласта трещины ограничены слоями листоватой глины без ясно выраженной слоистости. Трещин, пересекающих несколько

пластов различной мощности, встречается значительно меньше, они составляют не более одной десятой части от общего количества замеров в известняках. Наряду с открытыми трещинами в известняках наблюдается заполнение трещин мелкокристаллическим кальцитом, а в глинисто-мергелистых слоях преобладает заполнение трещин глинисто-алевритовыми частицами. Расстояние между трещинами непостоянно и зависит от мощности пластов.

Таблица  
Основные азимуты простираний вертикальных трещин

Данные	Колич. замеров	Направление, град.			широтное и близкое к ним
		СЗ	меридиональное и близкое к ним	СВ	
Нижнекембрийские глины					
Азбукина и Федоров . .	400	287 (12) 348 (22)	—	61 (66)	—
Шульц . . . . .	850	324 (29)	4 (18)	48 (37)	279 (16)
Кембрийские и нижнеордовиковские пески и песчаники					
Азбукина и Федоров . .	1400	321 (43)	—	52 (57)	—
Селиванов . . . . .	1511 5437	320 (28) 312 (40)	—	51 (61) 48 (60)	280 (9) —
Нижнеордовиковские известняки					
Азбукина и Федоров . .	600	322 (29)	1 (21)	36 (24)	70 (22)
Селиванов . . . . .	1243 4502	321 (43) 313 (51)	12 (11) —	51 (35) 44 (49)	282 (11) —

Примечание. В скобках приводится процентная выраженность данного направления от общего числа замеров трещин.

Вдоль плоскостей трещин часто простирается в известняках бровка склонов обваливания на крутых, подмываемых современной боковой эрозией берегах рек Тосна и Саблинка. В пластах известняка, смятых в складки, трещины остаются перпендикулярными плоскостям напластования. Замеры трещин производились Азбукиной и Федоровым в районе базы ЛГУ и Селивановым на несколько более широкой площади (см. рисунок, в). Таким образом (см. таблицу), главными системами трещин в известняках являются, так же как и в толще песков и песчаников, диагональные СВ и СЗ системы, более или менее близко совпадающие (в пределах до двух десятиградусных интервалов) с главными системами в песчаниках. Однако в из-

вестниках наблюдается бóльшая дисперсия направлений и некоторые отличия в материалах разных авторов по близким участкам.

В заключение можно отметить следующее: планетарная трещиноватость наблюдается во всех литолого-стратиграфических горизонтах нижнепалеозойских пород района базы ЛГУ, но с различной степенью выраженности. Наиболее резко трещины выражены в толще песков и песчаников кембрия и нижнего ордовика и наименее четко в глинах нижнего кембрия.

Количество выделяющихся систем (направлений, векторов) трещин изменяется от двух до четырех-пяти в различных литолого-стратиграфических горизонтах. Из них главными основными системами (с ними совпадает от 80 до 100% количества замеров) являются диагональные северо-восточная и северо-западная системы, образующие между собою угол около 90°. Эти системы довольно близко (в пределах одного десятиградусного интервала) совпадают с направлениями сводных роздиаграмм и векторов планетарной трещиноватости, полученных по данным работ экспедиции ЛГУ для Северо-Запада Русской платформы: СВ 43° и СЗ 315° (по 23160 замерам) и для всей Русской платформы: СВ 44° и СЗ 315° (по 29 005 замерам).

Причины, влияющие на локальные отклонения направлений систем планетарной трещиноватости в различных литолого-стратиграфических горизонтах, остаются еще недостаточно выясненными.

#### ЛИТЕРАТУРА

Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.

М. И. ПОПОВ

### К ВОПРОСУ О СВЯЗИ КИМБЕРЛИТОПРОЯВЛЕНИЙ СО СТРУКТУРАМИ, ВЫРАЖЕННЫМИ В РЕЛЬЕФЕ ПОВЕРХНОСТИ НА КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ ПАЛЕОЗОЯ И КОНТРОЛИРУЕМЫМИ ПЛАНЕТАРНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТЬЮ

Внедрения кимберлитовых магм с образованием трубок взрыва, жил, даек связывается большинством исследователей с глубинными разломами в земной коре. Поэтому при поисках месторождений алмазов коренного типа в перспективных районах большое значение уделяется выявлению таких разломов. С этой целью приходится значительное количество горных работ, широко применяются различные геофизические мето-

ды. О каких-либо иных, кроме разломов, структурных критериях для поисков кимберлитовых тел сведения отсутствуют как в зарубежной, так и в отечественной геологической литературе.

По существующему мнению (Арсеньев, 1963; Бобривич и др., 1957, 1959; Трофимов, 1960, 1965 и др.), внедрение кимберлитовой магмы в породы характеризуемого района происходило по разломам Ангаро-Вилуйской зоны, пересекающих район с юга на север. Однако это мнение основано только лишь на факте территориальной близости (первые сотни метров) известных кимберлитовых тел к близмеридиональным разломам. Значительное количество скважин различной глубины, пройденных по центральному (осевым) частям этих разломов с целью вскрытия и изучения магнитных тел, вызывающих здесь аномалии «трубочного» типа, остановлены или в карбонатных брекчиях, или в диабазах, или в туфах магм основного состава. Кимберлиты не были встречены. Поэтому близмеридиональные разломы Ангаро-Вилуйской зоны нами считаются только как кимберлитоконтролирующие (по аналогии с термином «рудоконтролирующие»).

Опыт наших работ показал, что в горизонтальном сечении длинные оси всех известных кимберлитовых трубок района, кимберлитовые жилы ориентированы в северо-западном направлении (СЗ 310—320°) и совпадают с простиранием одной из систем планетарных трещин. Крайне трудное выявление и картирование кимберлитовмещающих разломов геологическими и геофизическими методами делает практически невозможным в условиях района производить поиски трубок на локализованных площадях.

Поэтому при выборе геофизических аномалий «трубочного» типа для разбуривания обычно за основу их перспективности на кимберлитопроявления принимается только расположение таких аномалий в пределах или вблизи разломов Ангаро-Вилуйской зоны, на площадях, где рыхлые отложения обогащены минералами-спутниками алмаза (пироп, пикроильменит, хромдиоксид и др.). Результативность поисков коренных месторождений алмазов при этом низкая, особенно в условиях значительного по мощности чехла древних рыхлых отложений над карбонатными породами и кимберлитовыми трубками, измеряемого десятками метров. Поэтому для успешных поисков погрешенных кимберлитовых тел очень важно помимо близмеридиональных разломов иметь какие-либо другие более резко выраженные и более достоверные структурно-тектонические предпосылки для выделения уже по предварительным поисковым данным конкретных участков ожидаемого кимберлитопроявления.

Автором на основании обобщения и анализа значительного объема фактического материала геологических и геофизических работ по району установлено, что положение известных



кимберлитовых тел в районе не хаотичное, а подчиняется определенным структурно-тектоническим элементам, выраженным в рельефе поверхности на карбонатных породах палеозоя.

Прежде чем изложить существо выявленных закономерностей кимберлитопроявлений, кратко рассмотрим условия тектонического строения и развития района. Характеризуемая площадь располагается в зоне сопряжений Тунгусской и Вилюйской синеклиз, Анабарской антеклизы с севера и Байкальской горной системы с юга. Узел известных кимберлитовых тел находится в осевой части так называемого Сюльджюкарского вала, разделяющего вышеуказанные синеклизы. В породах района развиты четыре системы планетарных трещин — близмеридиональная ( $10-20^\circ$ ), близширотная ( $80-90, 270-280^\circ$ ), северо-восточная ( $40-60^\circ$ ) и северо-западная ( $310-320^\circ$ ). Положение этих систем установлено при изучении обнажений и линеаментов, отражающих трещиноватость.

При интенсивном тектоническом воздействии со стороны всех вышеуказанных структурных форм первого порядка в процессе их развития образовалась сеть разноориентированных разломов, использовавших системы планетарных трещин. В герцинский и альпийский фазы складчатости в районе происходили дифференцированные по знаку блоковые подвижки пород нижних и верхних структурных этажей платформы, сопровождавшиеся внедрениями интрузий и эффузивными излияниями магм основного состава, а также (в герцинскую фазу) внедрениями кимберлитовых магм.

Кимберлитовые тела района прорывают карбонатные породы ордовика и силура и в большинстве случаев перекрываются в свою очередь рыхлыми отложениями карбона, перми, мезозоя и эффузивами основного состава пермотриасового возраста. Внедрение кимберлитовой магмы, по нашим представлениям, происходило, как минимум, в два этапа, значительно разделенных во времени. Каждый этап характеризовался качественно новым составом магмы. В настоящей статье не ставится задача разбора обоснований выделения этих этапов.

Неоднократность внедрений объясняется нами периодическими оживлениями тектонических движений в районе. В качестве характерного примера, подтверждающего сказанное, может служить одна из кимберлитовых трубок в юго-западной части площади, фактически сдвоенная, кимберлиты северной половины которой прорывают кимберлиты южной. Состав кимберлитов каждой генерации и состав ксенолитов в них указывает на значительный во времени перерыв между этапами внедрения — «дотрапповый и послетрапповый», по данным Е. В. Францессон (1966).

Многие формы рельефа поверхности карбонатных пород палеозоя (ордовик, силур), на большей части площади погребенного под мощным чехлом древних рыхлых отложений, обя-

заны своим происхождением в основном тектоническим причинам. Так, замкнутые впадины, имеющие треугольные и многоугольные очертания в плане и размеры до десяти и более километров с почти прямолинейными бортами, отвечающими простиранию систем планетарных трещин в породах района, вряд ли образованы только в результате эрозии. Более вероятным представляется формирование их как результат опускания блоков пород фундамента и чехла платформы. Границами блоков служат разломы северо-западного, близмеридионального, широтного и северо-восточного простираний.

Тектоническая природа впадин подтверждается также и условиями заполнения их мощными толщами терригенных пород в пермокарбонное и мезозойское время, наличием на склонах впадин параллельных им систем планетарных трещин, современным опусканием районов впадин в результате новейших тектонических движений, геофизическими данными (магниторазведка, гравиторазведка, глубокое вертикальное электрическое зондирование и др.). Аналогичное мнение можно высказать и в отношении природы образования положительных форм рельефа.

Условия формирования рельефа изучались автором на широкой площади, часть которой, охватывающая узел известных кимберлитовых тел, приведена на рисунке. Схема рельефа построена по поверхности карбонатных пород нижнего палеозоя, прорываемых кимберлитами. Чехол рыхлых отложений, мощности которого колеблются от первых метров на поднятиях до ста и более метров во впадинах, на схеме снят. Схема построена по густой сети горных выработок и по результатам детальных геологических съемок. Сечение палеорельефа через 25 м. На схеме показаны известные кимберлитовые тела района, близмеридиональные разломы Ангаро-Вилюйской зоны, выявленные геофизическими методами и подтвержденные горно-буровыми работами (разломы Западный, Центральный, Восточный) и предполагаемые разломы других простираний.

Как это видно на схеме, рельеф поверхности на карбонатных породах нижнего палеозоя довольно расчлененный. Центральная часть площади возвышенная, в северо-западной, южной и юго-восточной частях ее развиты впадины. Склоны элементов рельефа довольно крутые. Превышения вершин поднятий над дном впадин достигают 150—170 м.

Возвышенная центральная часть района состоит из двух поднятий: северного, наиболее крупного, имеющего протяженность в плане около 40 км, и южного, протяженностью около 15 км. Характерно, что оба поднятия имеют почти идентичную конфигурацию в плане и вытянуты в северо-западном направлении. По периферии крупные поднятия сопрягаются с меньшими по масштабам возвышенностями. Последние имеют в

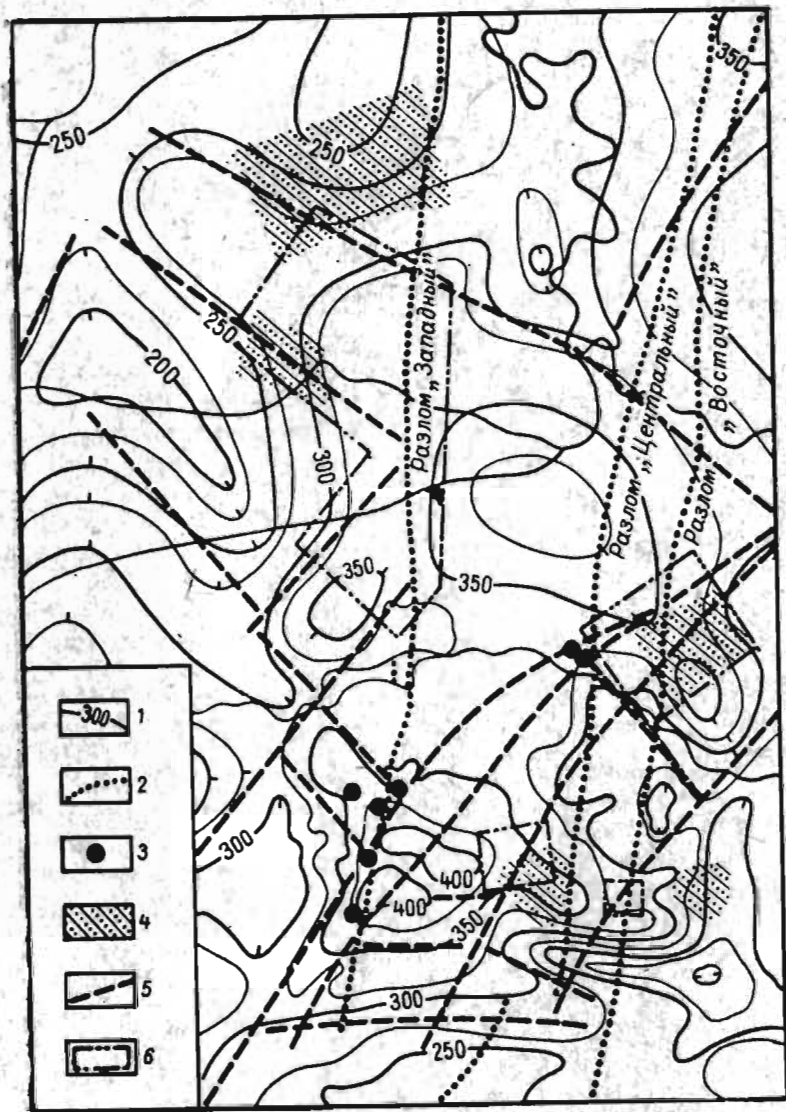


Схема рельефа поверхности карбонатных пород нижнего палеозоя.  
 1 — изовысоты рельефа, в м; 2 — глубинные разломы Ангаро-Вилюйской зоны, в явленные магнитной съемкой 3 — кимберлитовые трубки; 4 — участки высоких концентраций минералов-спутников алмаза в пермо-карбонных и мезозойских отложениях; 5 — разломы северо-западного плана, установленные геолого-геофизическими работами; 6 — предполагаемые глубинные разломы СЗ простирания; 7 — площади перспективные на кимберлитопроявления.

плане удлиненную форму, вытянутую в северо-западном и северо-восточном румбах.

Простирание склонов разномасштабных форм рельефа совпадает с ориентировкой систем планетарных трещин, развитых в породах района.

Кимберлитовые тела района, как это видно на схеме (см. рисунок), группируются по склонам рельефа на участках сопряжений крупных возвышенностей с более мелкими. Вершины возвышенностей и центральные части впадин по результатам детальных поисковых работ признаны бесперспективными на кимберлитопроявления. Положение кимберлитовых тел именно на участках сопряжений разномасштабных форм положительного знака, по нашему мнению, неслучайно и связано с образованием здесь наиболее благоприятных для внедрения кимберлитов ослабленных зон, образованных в результате пересечения густой сети разноориентированных систем планетарных трещин.

Размеры кимберлитовых тел в какой-то мере отвечают масштабам форм рельефа, в пределах которых эти тела образованы. Так наиболее крупная в районе трубка располагается на площади северного, наиболее крупного поднятия, а кимберлитовые тела, встреченные в пределах южного, характеризуются небольшими размерами. В последнем случае это, возможно, связано с большей, чем в районе крупной трубки, дробленностью вмещающих пород, обусловившей образование многочисленных, но мелких каналов внедрения кимберлитовой магмы.

Перспективы коренной алмазоносности района не исчерпаны выявленными к настоящему времени кимберлитовыми телами. В свете изложенных структурно-тектонических предпосылок, в пределах возвышенности центральной части площади можно выделить еще не менее четырех участков, где могут быть обнаружены новые трубки и жилы кимберлитов. Здесь в рыхлых древних и современных отложениях поисковыми работами установлены содержания минералов-спутников алмаза, степень сохранности и крупность зерен которых указывает на близость их коренных источников. Аналогичные структуры, выраженные в рельефе на поверхности пород палеозоя и перспективные на кимберлитопроявления, имеются за пределами границ территории.

Таким образом, из всего сказанного можно сделать следующие выводы:

1. Породы района разбиты сетью планетарных трещин, простирание систем которых ССВ 10—20°, СВ 40—60°, З 270—280°, СЗ 310—320°. Формирование разломов в результате тектонических движений происходило по планетарным трещинам.

2. При формировании рельефа на карбонатных породах палеозоя планетарная трещиноватость оказывала существенное

влияние на ход процессов, что выразилось в ориентировке всех склонов рельефа по направлениям, совпадающим с сетью вышечуказанных трещин.

3. Положение трубок на участках сопряжений разномасштабных поднятий не случайное, а обусловлено образованием здесь в результате пересечений густой сети разноориентированных систем планетарных трещин, ослабленных зон, благоприятных для внедрения кимберлитовой магмы. Площади вершин поднятий и донные части впадин мало перспективны на кимберлитопоявления.

4. Магмы основного состава внедрялись в основном по разломам близмеридиональных простираний, кимберлитовая магма при внедрении выполняла трещины северо-западного румба.

5. При поисковых работах, в случае благоприятной шлиховой обстановки, в первую очередь основное внимание должно быть обращено на участки сопряжений разномасштабных поднятий в рельефе на поверхности палеозоя с учетом сети планетарных трещин как участки наиболее вероятного внедрения кимберлитовых магм.

Предлагаемый нами структурно-тектонический метод определения при благоприятной шлиховой обстановке участков наиболее вероятного внедрения кимберлитовых магм посредством анализа рельефа на породах палеозоя и планетарной трещиноватости имеет определенное прикладное значение и может быть использован как на площадях с мощным чехлом древних отложений, так и там, где этот чехол отсутствует, но кимберлитовые тела слабомагнитны или небольшие по размерам. Этот метод был успешно применен автором при поисках кимберлитов и при прогнозировании поисково-разведочных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Арсеньев А. А. 1963. В сб.: Геология алмазных месторождений, 6, стр. 39—44.  
Бобриневич А. П. и др. 1957. Алмазы Сибири. Изд. ГНТИ.  
Бобриневич А. П. 1959. Алмазные месторождения Якутии. Изд. ГНТИ.  
Оффман П. Е. 1957. Тектоника и вулканические трубки Сибирской платформы. Тектоника СССР, 4, Госгеолтехиздат.  
Трофимов В. С. 1960. Алмазы Якутии, 6. Изд. АН СССР, стр. 142—153.  
Трофимов В. С. 1965. Советская геология, 12, стр. 3—16.

Э. Н. ВАРФОЛОМЕЕВА

### ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПОРОД ОРДОВИКА, ВСКРЫТЫХ ШАХТНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ НА ЛЕНИНГРАДСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Наличие трещиноватости в породах ордовика на Ленинградском месторождении горючих сланцев было установлено в 30-е годы многими исследователями (Асаткин, 1934; Левыкин, 1947; Брунс, 1957; Газизов, 1958; Гатальский, 1959 и др.). В результате наблюдений в подземных выработках или выделены, как основные, две системы трещин, секущие всю толщу палеозойских пород. Это трещины северо-восточного и северо-западного направлений. Кроме них — две менее выдержанные системы: меридиональная и широтная.

Работа по изучению трещиноватости пород ордовика в шахтах Ленинградского месторождения горючих сланцев нами продолжена в связи с тем, что площади подземных выработок за последние годы значительно расширились, появилась необходимость слияния ранее отдельно существующих шахтных полей в единое шахтное поле, при этом вскрылись новые закономерности в расположении трещин относительно друг друга, по густоте, в зависимости от общей структурной обстановки месторождения и пр.

В состав наших работ входило: документация и прослеживание секущих трещин из пласта в пласт, а также их протяженность по панельным и откаточным штрекам с заходом в вентиляционные штреки и камеры — лавы, детальные зарисовки и фотографирование наиболее интересных участков. Автором задокументировано 1783 секущих промпласта трещин по маршруту около 170 погонных километров по четырем шахтам. Изучались смещения слоев по трещинам, пересечения трещин, пологая волнистость слоев, микросбросы, сдвиги, явления катаклаза, связь полиметаллических оруденений с трещиноватостью пород, древний карст и пр. Трещины изучались нами как в горных выработках шахтных полей на глубине 70—110 м, так и на поверхности — в карьерах и обнажениях по долинам рек Плюса, Нарва и др.

Кроме того, использовался материал шахтных геологов по выработкам, закрытым на современном этапе.

Наибольшее распространение среди секущих трещин имеют открытые или сомкнутые трещины всех азимутов, наименьшее — трещины-жилы или катакlastические дайки и развивающиеся по ним карсты. Как показали замеры, преобладающее направление трещиноватости в породах продуктивной толщи

ордовика принадлежит северо-восточному простиранию: из общего числа замеров по шахтам в количестве 1783 (по состоянию на 1 I 1970 г.) на северо-восточное простирание приходится — 1034 (58%), на северо-западное — 734 (41%), а остальные 15 замеров (1%) характеризуют меридиональное и широтное направления. Трещины различаются друг от друга степенью своего раскрытия, размером, формой, положением по отношению к элементам залегания слоев и азимутом простирания. Образование их, по-видимому, связано не с местными причинами, а с общими — планетарными явлениями (Шульц, 1969).

Кратко охарактеризуем трещины всех направлений:

Трещины северо-восточного простирания вскрыты подземными горными выработками северных и северо-западных румбов. Занимают секущее положение относительно слоистости пород, не меняют направление при переходе из кровли выработки в слои продуктивной толщи — «ложную кровлю», в первый, второй, третий и четвертый промышленные слои сланца и разделяющие их прослои известняка — «плита», «кулак» и «синюха». Среди трещин этого направления наибольшее количество принадлежит открытым или сомкнутым, наименьшее — трещинам-жилам (катакластическим дайкам). Для них характерна прямолинейная секущая форма, разнообразная степень раскрытости (от сомкнутых до раскрытых в 1—5 см), мощность даек в среднем 2,1—2,5 см, максимальная до 5 см, карстующиеся участки трещин имеют мощность от нескольких сантиметров до нескольких метров. Азимуты простирания открытых северо-восточных трещин незначительно меняются в пределах каждого шахтного поля: в первом районе Ленинградской шахты преобладающий азимут простирания — СВ 51—59°, вектор 56°; во втором районе — СВ 52—66°, вектор 57°; на шахте третьей — СВ 48—54°, вектор 52°, на шахте им. С. М. Кирова — СВ 40—60°, вектор 50°. В среднем они составляют 48—55°.

Открытые трещины северо-восточного простирания — дробленые, не ровные, часто зигзагообразные, вертикальные или с падением 87—90° на северо-запад или юго-восток. Раскрытость их 1—4 см, водообильны при проходке выработки, кровля, как правило, вблизи них — не устойчивая, требует дополнительного крепления.

Трещины эти встречаются либо единичные, либо групповые (до 30 параллельных трещин на расстоянии 35—40 м). Групповые, как правило, свидетельствуют о приближении проходки к нарушенной карстовой зоне или к областям структурных аномалий — ослабленным зонам, расположенным под Везенбергским уступом и пр. Среди трещин северо-восточного простирания особое место занимают так называемые трещины-жилы, или катакластические дайки, и развивающиеся по ним процес-

сы карстообразования. Трещины-жилы имеют северо-восточное простирание, материал выполнения представлен либо голубой глиной (карстующиеся участки трещин), либо песчаником и кальцитом с сульфидами, а их апофизы иногда нацело заполнены кристаллами пирита, сфалерита или галенита. В стенках выработок трещины-жилы отчетливо выделяются своей светло-серой окраской на темном фоне промпласта, некоторые из них имеют ступенчатую форму, будучи неоднократно разорванными и смещенными в горизонтальном направлении. Наибольшее количество трещин-жил задokumentировано на шахтном поле им. С. М. Кирова и на севере второго района Ленинградской шахты (вблизи Везенбергского уступа), что свидетельствует об общности структурной обстановки этих территорий. Наименьшее количество трещин-жил находится на территории первого и юге второго районов Ленинградской шахты и шахтного поля № 3.

Из общего числа трещин (1783) трещины-жилы составляют около 16%. Азимуты простирания даек варьируют в небольших пределах на шахтных полях: 1-й район — СВ 51—59°, 2-й район — СВ 52—66°, шахта № 3 — СВ 48—54°, шахта им. С. М. Кирова — СВ 40—60°. Средняя мощность трещин-жил около 2,1—2,5 см. Наиболее типичное строение имеет трещина-жила № 9 (шахтное поле 3, забой панели 8). Азимут ее простирания СВ 40°, азимут падения ЮВ 80—90°. Трещина заполнена мелкозернистым песчаником с небольшим количеством тонкокристаллического сульфидного материала. Характерно, что исполнителем дайки является также и обломочный материал — остроугольные обломки горючего сланца, свидетельствующие о процессах катаклаза в период заполнения трещины материалом. Мощность жилы 2—2,5 см. Отчетливо видна в кровле и обеих стенках выработки. В кровле и юго-западной стенке трещина ровная, прямая, в северо-восточной стенке мощность ее уменьшается до 1—1,5 см, здесь дайка раздваивается, ее тонкие (до 1—1,5 мм) апофизы выполнены мелкозернистым песчаником с большим количеством сульфидов.

По некоторым трещинам-жилам зафиксированы разрывы сплошности и смещения по горизонтали. Примером может служить трещина-жила на девятом откаточном штреке у пикета 78. Азимут ее простирания СВ 65°, падение вертикальное. Хорошо видна в кровле и обеих стенках выработки. Мощность жилы от 3—5 мм до 12—15 мм. Выполнена кварцевым песчаником с сульфидами. Для нее характерно двойное горизонтальное смещение и редко встречающийся в этом комплексе трещин плавный изгиб при переходе из известняка «плита» во II рабочий слой сланца и известняк «кулак» с заметным уменьшением мощности, так называемый раздвиг. Верхний горизонтальный сдвиг разорвал жилу в подошве «ложной кровли».

Величина горизонтального смещения на северо-запад равна 35—40 см, затем дайка вертикально сечет толщу первого рабочего слоя и известняк «плита», резко изгибается в сторону от забоя (юго-восток) в пределах II рабочего слоя сланца и, далее, снова вертикально сечет толщу известняка «кулак» и третий рабочий слой сланца. Ниже, в известняке «синюха» дайка опять разорвана и горизонтально смещена в сторону забоя (на северо-запад). Интервал смещения равен 10 см. Далее трещина-жила вертикально уходит в почву выработки.

Аналогичные неоднократные разрывы и горизонтальные смещения по катакластическим дайкам фиксировались автором вблизи Везенбергского уступа. Им характерен тройной разрыв и смещения: первое на контакте «ложной кровли» и вышележащего известняка с амплитудой 6—8 см на северо-запад; второе — на контакте первого рабочего слоя сланца с известняком «плита», с амплитудой 6—10 см на юго-восток и третье — на контакте третьего рабочего слоя сланца с известняком «синюха», амплитуда 10 см на юго-восток.

Во втором районе Ленинградской шахты-панель 31, пикет 102—103 автором встречена дайка с азимутом простирания СВ 57°, выполненная песчаником с сульфидами мощностью в 1—1,5 см. Для нее характерно вторичное раскрытие, при этом цементированный мелкозернистый песчаник с сульфидами, выполняющий трещину, отошел от северо-восточной стенки дайки на всем протяжении трещины в обеих стенках тридцать первого панельного штрека, образовав пустоту между стенкой и выполнителем в 2—3 мм. По вновь образованной трещине в выработку поступает вода. Раскрытие трещины могло произойти только в период после образования описываемой дайки вследствие новейших тектонических подвижек, связанных с изменением структурного плана территории.

Преимущественно к трещинам северо-восточного простирания, выполненным кальцитом, реже песчаником, приурочены процессы так называемого карстообразования.

Карстовые нарушения автором изучены на шахтах Ленинградского месторождения в девятости трех случаях. Удалось проследить различные карсты — от зарождающихся форм по трещинам северо-восточного простирания до мощных карстов с зеркалами скольжения в глинах, выполняющих их. Весьма интересным является то обстоятельство, что в ордовикском карбонатном массиве Ленинградского месторождения на большую глубину закарстованы только трещины северо-восточного простирания, будучи трещинами растяжения, в то время как трещины других направлений, исходя из специфики структурной обстановки территории, — сомкнутые, а следовательно слабо проницаемы для воды, и, как правило, не карстуются. Карстовые нарушения в продуктивной толще ордовика имеют сложную форму, напоминающую форму залегания жильной

залежи, не выдержанной по мощности. По простиранию трещин-жил закарстованность наблюдается не повсеместно, а участками. Вскрытие одной выработкой незакарстованной трещины-жилы совершенно не гарантирует отсутствие карста на ее продолжении. Наличие трещин-жил всегда ориентирует шахтных геологов на возможную встречу с карстом на их простирании, поэтому документация и прослеживание жил ведутся детально.

В карстовых нарушениях, как неоднократно отмечалось (Газизов, 1958; Гатальский, 1959), выделяются три структурные зоны: зона трещиноватости (периферийная часть нарушения), зона дробления и зона замещения — центральная часть карстового нарушения с полным замещением горючего сланца пластичными глинами, с обломками известняка.

Приведем краткое описание наиболее характерных закарстованных зон: второй район Ленинградской шахты, четвертый бортовой штрек. Карстовыми процессами захвачены слои: «ложной кровли», первый, второй и третий рабочие слои горючего сланца и разделяющие их прослои известняков. В целом структура слоев сохранена, в значительной степени деформированы два слоя — «ложная кровля» и первый рабочий слой сланца, на 0,25—0,3 м поднята подошва третьего рабочего слоя сланца. В кровле выработки отчетливо видны опущенный и стабильный блоки, в результате движения блоков образованы зеркала скольжения в карстовых глинах. Опущенный блок — наиболее тяжелый для проходки. Протяженность карстовой зоны 4,5 м, высота 1,7 м.

Первый район месторождения — десятый юго-западный откаточный штрек, правая стенка выработки. Карстовыми процессами в основном захвачены слои «ложная кровля», первый рабочий слой сланца и подстилающий его известняк «плита». Карстовая зона отделена от ненарушенной части разреза трещинами, выполненными темно-серой глиной, напоминающими трещины отрыва. В пределах нарушенной зоны первый рабочий слой сланца деформирован полностью, «ложная кровля» опущена на 0,6 м и замещает этот рабочий слой сланца. Текстура последнего сохранена только на контакте с известняком «плита» и имеет мощность 0,15 м. Известняк «плита» под карстом, взброшен по трещине на 5,0 см. Второй рабочий слой сланца слабо подвергся процессам выщелачивания. Длина нарушенной зоны по стенке выработки 3,1 м, высота 2,4 м.

К микрокарсту относится кавернозность пород. Она нередко развивается на ослабленных участках вблизи зон повышенной трещиноватости пород (шахта им. С. М. Кирова — девятый панельный откаточный штрек, шахта 3 — забой 11-го панельного штрека и др.). Размеры каверн в диаметре от 2—3 до 10 см. Эти зоны, как правило, чрезвычайно водообильны. В местах

повышенной кавернозности и трещиноватости существует отчетливая угроза обрушения пород кровли.

Образование карстовых зон происходит по мере поднятия территории, раскрытия трещин северо-восточного простирания, проникновения подземных и грунтовых вод, выщелачивания карбонатов, окисления керогена горючих сланцев водами, содержащими сернистые и углекислые соединения. Длина карстовых нарушений в среднем составляет 600 м, максимальная — 3—6 км. Расстояние между карстами от нескольких метров до 1000 м, в среднем — 500—600 м. Густота встречаемости трещин северо-восточного простирания любой генетической разновидности на территории шахтных полей чрезвычайно неравномерна. Наибольшее их количество характерно предкарстовым зонам, как бы сопровождает последние. В местах структурных аномалий локального значения — волнистого залегания слоев, над положительными локальными структурными формами — их количество также увеличивается.

Трещины северо-западного простирания широко развиты на Ленинградском месторождении горючих сланцев, имеют преобладающий азимут простирания 310—330°, угол падения на СВ и ЮЗ преимущественно 80—90°, редко 65—70°. Все трещины либо открытые, либо сомкнутые, как правило, водообильные, особенно на первом этапе проходки, в дальнейшем, по мере разгрузки водоносного горизонта, водообильность в них резко падает.

В зависимости от ориентировки горной выработки, эти трещины либо «секут» горную выработку, либо идут вдоль нее, выходя из одной стенки и уходя в другую на значительном расстоянии от места выхода (100—150 м). Как правило, у места «выхода» из стенки выработки и «входа» в нее трещины имеют отчетливые плоскости протяженностью от 1,5—2 до 20—25 м. Плоскости трещин ровные, с уклоном в сторону их падения. Трещины этого простирания имеют значительные и очень выдержанные протяжения, а поэтому нередко имеют (разнонаправленное падение в краевых частях), что может быть связано с проявлением тектонических напряжений непрямолинейной формы. В кровле выработки трещины часто открытые от 3—5 мм до 2—2,5 см, реже — сомкнутые, все зигзагообразные, нередко дwoятся. Породы вдоль них раздроблены, это требует тщательного крепления кровли. В стенках обычно трещины сомкнутые. Вертикальные смещения по ним чрезвычайно редки и достигают 1—3 см.

Особенно выдержанные простирания северо-западных трещин наблюдались шахтным геологом Х. А. Дружиной и нами на площади третьей шахты. Протяженность трещин здесь составляет 200—300 м, азимуты простираний варьируют в пределах 305—315° — на западе шахтного поля и 320—340° — на востоке, расстояние между ними от 20 до 40 м.

На поверхности земли трещины северо-западного простирания нами задокументированы в карбонатной толще везенбергского горизонта карьера «Печурки» и коренных выходах в долине р. Плюса. Здесь они прослеживаются на большие расстояния, все открытые до 5—10 см. К ним на поверхности земли нередко приурочены ложбины стока поверхностных вод, в этих местах, как правило, происходит заложение оврагов и долин.

Трещины меридионального, широтного и близкого к ним простирания встречаются в породах ордовика в единичных случаях, характеристика их чрезвычайно сходна с характеристикой трещин северо-западного простирания.

В шахтах Ленинградского месторождения горючих сланцев автор неоднократно наблюдал единичные и многократные пересечения или «стыковку» трещин двух ведущих направлений — северо-западных с северо-восточными. Как правило, трещины северо-восточного простирания (35—40°) при пересечении с трещинами северо-западного простирания (310—315°) либо упираются в последние («стыкуются» с ними), либо имеют «крестообразный» характер пересечения. Угол между всеми пересекающимися трещинами близок или равен прямому. Наблюдалось около 30 подобных пересечений на шахтах Ленинградского месторождения горючих сланцев. Все изученные пересечения секущих трещин в породах ордовика свидетельствуют об одновременности образования этих трещин в процессе литогенеза пород с последующими преобразованиями их под влиянием тектонических напряжений регионального масштаба.

Как показали наши исследования, густота трещин неравномерно распределена по площади шахтных полей Ленинградского месторождения горючих сланцев. Она увеличивается в 2—2,5 раза в предкарстовых зонах, вблизи структурных аномалий (Везенбергский уступ), на резких перегибах подошвы промышленного пласта сланцев. Именно в этих местах породы кровли выработок обладают минимальной блочностью, слабой устойчивостью, большей обрушаемостью и сильной обводненностью.

Систематическое изучение трещиноватости пород ордовика необходимо для своевременного выявления всех этих зон, что способствует рациональному планированию горных работ, выбору крепи, предотвращению прорывов подземных вод.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Асаткин Б. П. 1934. Изв. Ленинградского геолого-гидро-геофизического треста, 1, стр. 23—28.  
Брунс Е. П. 1957. Советская геология, 59, стр. 3—24.  
Газизов М. С. 1958. Тр. Института геологии АН ЭССР, II, стр. 48—56.  
Гатальский М. А. 1959. Труды ВНИГРИ, 4, стр. 65—77.  
Левыкин В. В. 1947. Горючие сланцы Прибалтики. Ленгостовтехиздат.  
Шульц С. С. 1969. Вестник ЛГУ, 6, стр. 86—99.

**Планетарная трещиноватость (основные положения).** Шульц С. С. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Планетарные трещины разных масштабов повсеместно секут осадочные и изверженные породы и обладают характерными для них морфологическими и генетическими особенностями. Но главным признаком, позволяющим выделить рассматриваемую трещиноватость как планетарную, является ее ориентировка относительно стран света. При статистической обработке массовых замеров трещин лучи векторных диаграмм всюду обладают простиранием близким азимутам С 0, СВ 45, З 270 и СВ 315°. Эти эмпирические данные совпадают с ориентировкой аналитически установленных напряжений, возникающих в литосфере нашей планеты при ее ротационно обусловленной полярной деформации. Локальные и региональные отклонения трещиноватости от простираний ее, соответствующих современному положению земной оси, могут быть связаны либо со смещениями полюсов Земли, либо со смещениями отдельных глыб, блоков, пластин или целых материков относительно полюсов, либо, наконец, с местными нарушениями, вызванными тектоническими деформациями. Последнее особенно важно в прикладном отношении как метод поисков и прогноза структурных форм и связанных с ними полезных ископаемых (нефти, газа, рудных и россыпных месторождений).

Сведений о планетарной трещиноватости сопоставляются в реферированной работе с палеогеографическими, палеомагнитными и астрономическими данными об изменении в положении полюсов, а также с представлениями фиксистов и мобилистов и, в частности, с построениями новой глобальной тектоники, опирающейся на новейшие исследования океанического дна.

Илл. — 5, табл. — 2, библ. — 65 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.41 + 523.43

**Глубинные разломы Земли и Марса.** Чарушин Г. В., Каттерфельд Г. Н. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Проводится сравнительный геологический и статистический анализ линейных структур Земли и Марса. Показано, что гипотеза о тектоническом происхождении так называемых «каналов» Марса с геологической точки зрения является наиболее приемлемой и обоснованной. В результате анализа мировой геологической литературы составлена схема крупных разломов Земли. Статистическая обработка ориентировок этих разломов показывает, что глубинные разломы Земли образуют четыре основные системы, отвечающие направлениям С—Ю, В—З, СЗ и СВ, с дисперсией, соответственно, 355—5, 85—275, 315—325 и 45—55°. По своей представительности эти четыре системы располагаются в следующем (убывающем) порядке: СЗ, СВ, В—З, С—Ю. Те же четыре системы выделяются и в сети «каналов» Марса. Эта общая тенденция к группировке марсианских «каналов» в основных четырех планетарных направлениях проявляется независимо от того, кем и на каких аэрографических материалах производились статистические обобщения. На Земле выделяются также структурные узлы, где сходятся несколько различно ориентированных разломов. Аналогами этих узлов на Марсе являются так называемые оазисы. Сходны также формы блоков, их геометрия и соотношения размеров для каждой планеты. Многочисленные признаки сходства «каналов» Марса с сетью разломов Земли дают основания считать, что «каналы» Марса представляют собой выходы глубинных разломов на поверхности этой планеты. Анализ фотоснимков марсианской поверхности с «Маринеров IV, VI, VII и IX» и данные ее радарного зондирования позволяют сделать заключение, что в структурном отношении разломы Марса представлены рифтовыми долинами и грабенами глубиной до 3—5 км, цепочками кратеров,

структурными швами на границах светлых и полутемных областей, либо совпадают с линиями темных пятен неправильной формы.

Илл. — 7; табл. — 4 назв.; библ. — 20; прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44 : 551.243

**Значение планетарной трещиноватости в формировании региональных черт тектоники и рельефа Копетдага.** Мирошниченко В. П. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Впервые приводятся сведения о планетарной трещиноватости Копетдага, показывается ее важная роль в формировании основных типов рельефа этой горной страны. Установленные связи рельефа с системами планетарных, по преимуществу диагональных, трещин свидетельствуют о том, что многие типы рельефа, относившиеся ранее к категории морфоскульптурных, являются геоструктурными. Экзогенным процессам принадлежит лишь роль препарирующего фактора, но они не имеют генетического значения в морфологии рельефа, основные черты которой обусловлены формой планетарных отделений, их пространственным положением, составом и характером сложения. Выделяются литолого-петрографические и литолого-стратиграфические отделности, разной формы и крупности, с экзогенной препарировкой которых связывается все многообразие геоструктурного рельефа. Наличие планетарной трещиноватости в процессе развития геоструктурного рельефа на крыльях денудированных складок обуславливает инверсию его положительных и отрицательных форм, циклические смещения систем эрозионных врезов и т. п. Приводится пример подобного процесса в случае экзогенной препарировки ромбондалных планетарных отделностей при наклонном положении напластований. С новых позиций трактуются вопросы его дизъюнктивной тектоники, развития системы фронтальных разрывов вдоль северных предгорий и т. д.

Илл. — 4, табл. — 0, библ. — 28 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44 : 551.72 (477, 42) (471.22)

**О некоторых общих (планетарных) закономерностях в направлениях трещиноватости докембрийских пород Балтийского и Украинского щитов.** Николаева Т. В. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Докембрийские кристаллические образования щитов Русской платформы разбиты планетарными трещинами, группирующимися в определенные направления. Основные направления трещин хорошо совпадают с простираниями глубинных и региональных разломов, выделенных по геолого-геофизическим данным. Для каждого крупного комплекса пород, отражающего основные этапы геотектонического развития Украинского щита, характерен свой план трещиноватости. Похожими рисунками роз-диаграмм и исходными направлениями трещиноватости обладают породы, близкие по составу, возрасту и условиям образования на Украинском и Балтийском щитах (например, толкачевские и шокшинские кварцито-песчаники).

Илл. — 4, табл. — 1, библ. — 9 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44 : 551.243

**Трещиноватость Байкальской рифтовой зоны.** Грачев А. Ф. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Приводятся новые данные по трещиноватости пород различного возраста и вещественного состава. Подробно рассматривается трещиноватость

вулканогенных пород Чарского и Тункинского рифтов и делается вывод о том, что трещиноватость базальтов подчиняется тем же закономерностям, что и трещиноватость осадочных пород. Сопоставление ориентировки трещин в породах разного возраста показывает совпадение во многих случаях их простираний. Сравнительный анализ линеаментов, полученных в результате дешифрирования снимков, сделанных с космического корабля «Союз-9», и трещиноватости коренных пород позволяет сделать вывод о хорошем соответствии выделенных в обоих случаях систем трещин. На основе полученных данных обсуждается вопрос о закономерностях плановых очертаний Байкальской рифтовой зоны в целом.

Илл. — 11, табл. — 0, библ. — 5 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44

**К вопросу о природе линеаментов. Можаяев Б. Н.** «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

В природе линеаментов не все ясно. Поэтому прежде чем относить прямые линейные природные образования к линеаментам, необходимо установить их генезис, в частности, связь с трещинно-разрывными нарушениями. Линеаменты проявляются в природе в различных формах. Наблюдается несколько случаев связи линеаментов с трещинно-разрывными нарушениями (все трещины и разрывы отражаются в виде линеаментов, линеаменты отражают лишь часть трещинно-разрывных нарушений, но всех направлений, в виде линеаментов частично проявляются лишь отдельные системы трещинно-разрывных нарушений). Предлагается объяснение избирательного проявления трещинно-разрывной сети в виде линеаментов. На каждом участке набор систем трещин предопределен планетарными напряжениями. Однако конкретная тектоническая обстановка (прежде всего развитие локальных структурных форм) определяет, какие системы трещин будут «раскрыты» для агентов денудации и, следовательно, проявляется в виде линеаментов.

Илл. — 1, табл. — 1, библ. — 14 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44 : 551.243

**О связи планетарной трещиноватости и линеаментов с локальными структурами. Рукояткии А. А.** «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Для расшифровки тектонического строения и поисков локальных платформенных структур применяются методы анализа трещиноватости и линеаментов. Исследователи отмечают, что наибольшая густота трещин и линеаментов приурочена к местам максимального перегиба слоев — периклиналям, крутым крыльям, узким сводам и т. д. Эти и другие закономерности в распределении трещин и линеаментов на локальных структурах (и за их пределами) можно объяснить с точки зрения особенностей планетарной трещиноватости. По С. С. Шульцу, в вертикальных разрезах трещины планетарного происхождения не пересекаются друг с другом, а в горизонтальных — пересекаются. Число линеаментов больше там, где трещины не пересекаются. В различных структурных условиях изменяется положение вертикального и горизонтального разрезов и число линеаментов. Число трещин и линеаментов зависит и от мощности слоя. Отмечается увеличение количества линеаментов вблизи выклинивания разновозрастных и литологически отличающихся слоев. Различные случаи соотношения планетарной трещиноватости и линеаментов с локальными структурами и рельефом рассматриваются на примере Восточного Приильменья.

Илл. — 1, табл. — 0, библ. — 16 назв., прил. — 0.

172

УДК 551.1 : 551.44(471.22)

**Планетарная трещиноватость и линеаменты Сортавальского района Карелии. Борисова Р. А.** «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Приведены результаты исследования планетарной трещиноватости пород и линеаментов Сортавальского района. Сравнение диаграмм трещиноватости и линеаментов показало, что не все системы трещин отражаются в линеаментах, а только наиболее выразительные — диагональные. На диаграмме линеаментов резче выделяется северо-западный луч, чем на диаграмме трещин. Азимуты простираний систем трещин и линеаментов почти совпадают.

Илл. — 1, табл. — 0, библ. — 9 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44(471.22)

**Линеаменты и трещиноватость северо-западной части Прионежья. Путинцева Г. А.** «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Установлено, что между ориентировкой линеаментов и трещиноватости наблюдается почти полное совпадение только северо-западного направления. Северо-восточное отчетливо выделяется по замерам трещин, а на розах-диаграммах линеаментов выражено незначительно.

Илл. — 1, табл. — 0, библ. — 1 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44 : 551.311.24(471.2)

**О влиянии структуры и трещиноватости рельефообразующих пород на развитие склоновых процессов. Азбукина Е. Н.** «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Наблюдения в смежно расположенных, но отличных по своей геологической структуре районах (Северо-Запад Русской платформы и южная часть Балтийского щита), показывают существенные различия в развитии преобладающих в них склоновых процессов, которые определяют своеобразные геоморфологического ландшафта, морфологию склоновых поверхностей, состав и строение склоновых отложений, соотношение простирания склонов с основными направлениями планетарной трещиноватости и простираниями линейно вытянутых структур.

Илл. — 1, табл. — 0, библ. — 6 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44(474.3)

**О связи эрозионных процессов с планетарной трещиноватостью горных пород (на примере бассейна среднего течения р. Гауя). Федоров Н. П.** «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Образование эрозионных ниш приурочено к системам планетарных трещин, по которым, по-видимому, происходило просачивание грунтовых вод, способствовавшее деятельности боковой эрозии. Изучение планетарной трещиноватости в районе преобладания ортогональных систем трещин: З 270° (41%), С 3° (52%), СВ 44° (7%). Большинство ниш также имеет субширотные и субмеридиональные направления, что указывает на тесную связь в развитии этих форм рельефа с направлениями планетарной трещиноватости.

Илл. — 0, табл. — 0, библ. — 2 назв., прил. — 0.



О трещиноватости мезозойских континентальных образований Западной Монголии. Николаева Т. В., Шувалов В. Ф. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Среди трещин, пересекающих наклонные слои мезозойских отложений Западной Монголии, преобладают вертикальные и крутопадающие. Они группируются в двух направлениях (СЗ 340 и ВСВ 70°) и почти не меняются в породах разного возраста (в рамках мезозоя и палеогена) и вещественного состава. Основные направления трещин имеют отражение в ориентировке как крупных, так и мелких форм рельефа.

Илл. — 4, табл. — 0, библ. — 3 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 51.44(474.3)

О некоторых чертах планетарной трещиноватости пород Латвии. Баяева Р. И. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Дается характеристика планетарной трещиноватости девонских, пермских и четвертичных отложений различных районов Латвии. Основными направлениями трещиноватости изученных комплексов являются северо-западные и северо-восточные с весьма близкими азимутами простираения. В пределах отдельных участков замеров трещин значения азимутов простираения преобладающих систем значительно отличаются. Наблюдается отчетливая взаимосвязь между простираением трещин и прямолнейных элементов рельефа и простираением мелких складок. Отмечается некоторая перестройка плана сети планетарной трещиноватости в пермских отложениях. Девонские и четвертичные породы имеют единые направления планетарных трещин.

Илл. — 1, табл. — 2, библ. — 5 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44(571.55)

Особенности планетарной трещиноватости Сретенского гранитного массива (Забайкалье). Сваричевская З. А., Е. И. Корнутова «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Изучалась трещиноватость по трем стенкам железнодорожной выемки, имеющим ориентировку 75, 50 и 10°. Розы-диаграммы по каждой из стенок получились разные за счет почти полного выпадения каких-либо одних направлений и чрезмерного увеличения количества трещин других. Лишь сводная роза по всей выемке дала более менее равномерно развитые векторы 283; 325, 0 и 45°, т. е. близкие к установленным на основании многотысячных замеров для пород осадочного чехла Северо-Запада СССР. Частично с ними совпали и направления линейментов.

Илл. — 1, табл. — 0, библ. — 0 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44(471.23)

К истории изучения трещиноватости горных пород в районе Саблинской учебно-научной базы ЛГУ. Селиванов Г. Д. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Приводятся данные 1939—1940 гг. замеров трещин в песках, песчаниках и известняках кембрия и нижнего ордовика. Устанавливается, что основные направления трещин, выделяющиеся как на графике, построенном в прямоугольных координатах, так и на розах-диаграммах близки планетарным направлениям трещин, выявленным на Северо-Западе Русской платформы.

Илл. — 2, табл. — 0, библ. — 2, прил. — 0.

О планетарной трещиноватости горных пород в районе Саблинской учебно-научной базы ЛГУ. Азбукина Е. Н., Селиванов Г. Д., Федоров Н. П. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Изучалась трещиноватость нижнепалеозойских горных пород, обнажающихся в эрозионных обрывах рек, в карьерах строительных известняков, песков и кирпичных глин. Планетарная трещиноватость наблюдается во всех литолого-стратиграфических горизонтах горных пород, но с различной степенью выраженности. Наиболее резко трещиноватость выражена в толще песков и песчаников кембрия и нижнего ордовика и наименее четко в глинах нижнего кембрия. Количество выделяющихся систем трещин изменяется от двух до пяти в различных литолого-стратиграфических горизонтах. При этом основными являются диагональные северо-восточная и северо-западная системы (с ними совпадает от 80 до 100% количества замеров). Они довольно близко (в пределах одного интервала 10°) совпадают с направлениями своих роз-диаграмм и векторов планетарной трещиноватости, полученных по данным работ экспедиции ЛГУ.

Илл. — 1, табл. — 1, библ. — 1 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44(571.56)

К вопросу о связи кимберлитопроявлений со структурами, выраженным в рельефе поверхности на карбонатных породах палеозоя и контролируемым планетарной трещиноватостью. Попов М. И. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Район располагается в зоне сопряжения Вилуйской и Тунгусской синеклиз, в пределах Катайской остаточной палеозойской антеклизы. В породах района развиты системы планетарных трещин близмеридионального (10—20° близширотного (80—90°), СВ (40—60°) и СЗ (310—320°) простираений. Образование глубинных разломов происходило по системам планетарных трещин. Дифференцированные по знаку блоковые подвижки пород района в герцинскую и альпийскую фазы тектогенеза нашли выражение в формировании дрепного рельефа, ориентировка склонов форм которого совпадает с простираением планетарных трещин, контролировавших образование палеорельефа. Кимберлитовые тела располагаются в зонах сопряжений разномасштабных палеозойских выщелочений на породах ордовика и силура, т. е. на участках пересечения наиболее густой сети планетарных трещин. Указанная закономерность является одним из поисковых критериев на кимберлиты при анализе перспективных площадей охарактеризованного района.

Илл. — 1, табл. — 0, библ. — 5 назв., прил. — 0.

УДК 551.1 : 551.44 : 552.521(471.23)

Характеристика трещиноватости пород ордовика, вскрытых шахтными выработками на Ленинградском месторождении горючих сланцев. Варфоломеева Э. Н. «Планетарная трещиноватость». 1973. Изд-во ЛГУ.

Проведено изучение трещин, секущих промышленный пласт горючих сланцев. Изучались смещения слоев по ним, пересечения трещин. Наиболее распространенными на месторождении являются трещины северо-восточного простираения, по некоторым из них происходят процессы карстообразования. Наименее распространенными являются трещины северо-западного и других простираений. Все изученные пересечения трещин в породах ордовика свидетельствуют об одновременности образования трещин северо-западного северо-восточного простираений в процессе литогенеза пород с последующим преобразованием их под влиянием тектонических напряжений регионального масштаба. Густота трещин увеличивается в 2—2,5 раза в предкарстовых зонах, вблизи структурных аномалий.

Илл. — 0, табл. — 0, библ. — 6 назв., прил. — 0.

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие	3
С. С. Шульц. Планетарная трещиноватость (основные положения)	5
Г. В. Чарушин, Г. Н. Каттерфельд. Глубинные разломы Земли и Марса	37
В. П. Мирошниченко. Значение планетарной трещиноватости в формировании региональных черт тектоники и рельефа Копетдага	56
Т. В. Николаева. О некоторых общих (планетарных) закономерностях в направлениях трещиноватости докембрийских пород Балтийского и Украинского щитов	78
А. Ф. Грачев. Трещиноватость Байкальской рифтовой зоны	88
Б. Н. Можжев. К вопросу о природе линейментов	104
А. А. Рукоткин. О связи планетарной трещиноватости и линейментов с локальными структурами	110
Р. А. Борисова. Планетарная трещиноватость и линейменты Сортавальского района Карелии	117
Г. А. Путинцева. Линейменты и трещиноватость северо-западной части Прионежья	121
Е. Н. Азбукина. О влиянии структуры и трещиноватости рельефообразующих пород на развитие склоновых процессов	123
Н. П. Федоров. О связи эрозийных процессов с планетарной трещиноватостью горных пород (на примере бассейна среднего течения р. Гауя)	127
Т. В. Николаева, В. Ф. Шувалов. О трещиноватости мезозойских континентальных образований Западной Монголии	130
Р. И. Баева. О некоторых чертах планетарной трещиноватости пород Латвии	138
З. А. Сваричевская и Е. И. Корнутова. Особенности планетарной трещиноватости Сретенского гранитного массива (Забайкалье)	145
Г. Д. Селиванов. К истории изучения трещиноватости горных пород в районе Саблинской учебно-научной базы ЛГУ	149
Е. Н. Азбукина, Г. Д. Селиванов, Н. П. Федоров. О планетарной трещиноватости горных пород в районе Саблинской учебно-научной базы ЛГУ	152
М. И. Попов. К вопросу о связи кимберлитопоявлений со структурами, выраженными в рельефе поверхности на карбонатных породах палеозоя и контролируемые планетарной трещиноватостью	156
Э. Н. Варфоломеева. Характеристика трещиноватости пород ордовика, вскрытых шахтными выработками на Ленинградском месторождении горючих сланцев	163
Рефераты	170