

Л. Я. Кабанова

## ПРИЗНАКИ ТВЕРДОФАЗНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В БАЗАЛЬТОВЫХ СТЕКЛОВАТЫХ ПОРОДАХ

L. Ya. Kabanova

### EVIDENCES OF SOLID-PHASE CRYSTALLIZATION IN THE VITREOUS BASALTIC ROCKS

Factual data and results of petrographical investigating the vitreous basaltic rocks are given in this paper. Evidences of solid-phase crystallization in the vitreous basaltic rocks are indicated. The inference, that liquation and solid-phase crystallization of the vitreous basaltic rocks in volcanic bodies of small thickness (dikes, sills, flows) are possible, has been made.

В областях проявления современного вулканизма и в древних вулканических областях часто встречаются маломощные вулканические тела (от 1—5 см до 1—10 м), представленные потоками, силлами и дайками базальтового состава. Такие тела широко распространены в пределах Баймак-Бурибайской и Магнитогорской зон Южного Урала. По строению и морфологии они сопоставимы с маломощными потоками базальтового состава, изученными по образцам, поднятым при драгировании дна Тихого океана [4, 5]. Петрографическое изучение таких тел весьма информативно, поскольку закалочные стекла и стекловатая основная масса содержат кристаллические образования (кристаллиты, микролиты, вариолиты) или главные породообразующие минералы, которые несут признаки роста в стеклообразном субстрате и позволяют выяснить механизм предкристаллизационной дифференциации.

Нами был изучен океанический базальт из компактного потока дна Тихого океана (рис. 1).

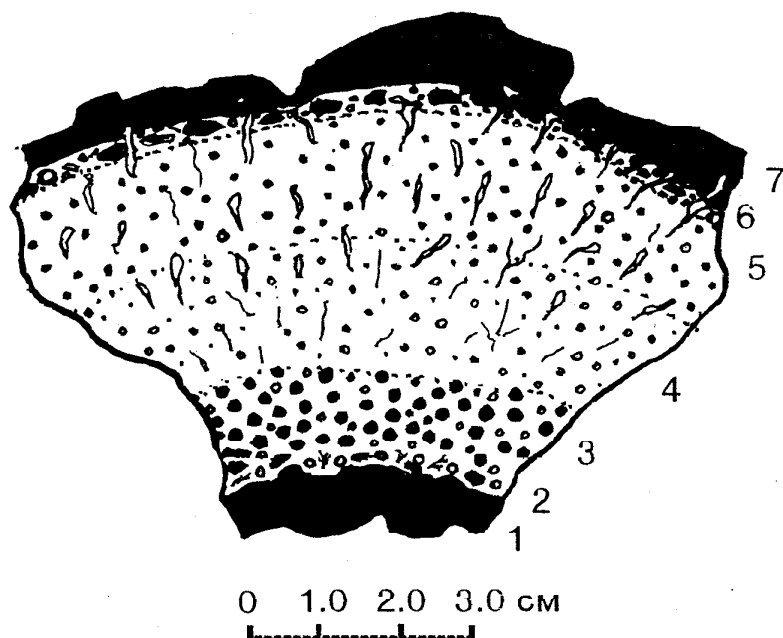


Рис. 1. Фрагмент строения базальтового океанического потока:

1, 7 — вулканическое базальтовое стекло, 2 — гиалобазальт с вариолитами и аксиолитами, 3 — вариолитовый базальт, 4 — афировый базальт с интерсертальной или вариолит-витрофировой структурой, 5 — вариолитовый базальт, 6 — гиалобазальт с миндалекаменной текстурой

Базальтовый компактный поток мощностью около 5 см имеет отчетливо проявленное зональное строение. В кровле и подошве потока наблюдается вулканическое стекло, свидетельствующее о быстром остывании небольших порций лавы при излиянии на дно океана. В подошве потока мощность стекловатой зоны не превышает 5—7 мм. Стекло макроскопически черное, хрупкое, трещиноватое. При микроскопическом изучении стекло розовато-бурого цвета, содержит капли и шарики темнобурого, почти черного

стекла. Уже в 2 мм от подошвы в стекле наряду с глобулами черного стекла появляются скелетные кристаллы моноклинного пироксена, плагиоклаза и полевого шпата (рис. 2, а). Полевой шпат образует аксиолиты — своеобразные скелетные кристаллы и срастания кристаллов в виде сложных, дендритовидных, ветвистых образований.

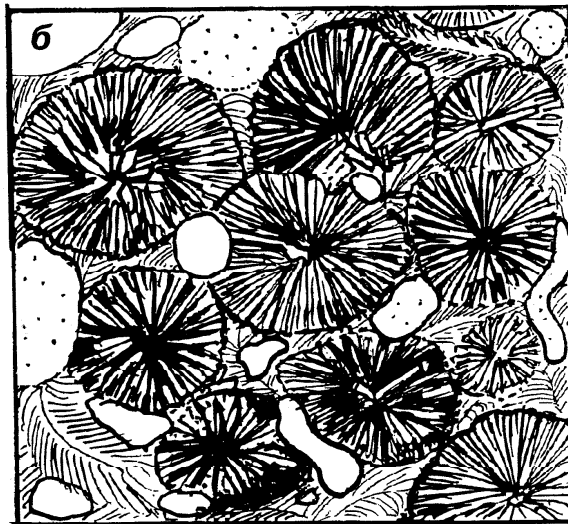
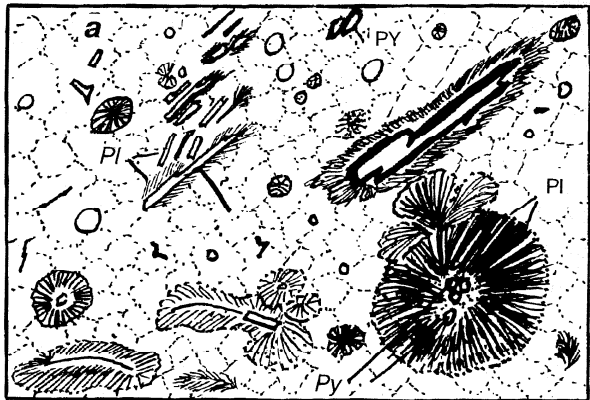


Рис. 2. Формы кристаллизации в базальтовом океаническом потоке:

а — вулканическое стекло в подошве потока с кристаллитами, микролитами плагиоклаза и пироксена, скелетными кристаллами плагиоклаза, вариолитами и аксиолитами; б — вариолит - аксиолитовая зона; в — гиалобазальтовая зона с розетками и веерами палагонитизированного стекла. Рисунки шлифа при одном никеле, увеличение 20

В 5—7 мм от подошвы по направлению к центру потока появляются вначале одиночные, а затем и групповые срастания вариолей либо с кристаллом в центре, от которого растут радиально-лучистые срастания плагиоклаза или полевого шпата, либо без него. Число вариолей и сростков увеличивается, образуются цепочки, а затем и сплошные вариолит-аксиолитовые зоны (рис. 2, б). Постепенно эта зона сменяется гиалобазальтовой, сложенной темно-бурым вулканическим стеклом, содержащим плотно прилегающие друг к другу вариоли. Аксиолиты в промежуточном межвариолевом пространстве четко выделяются более светлой окраской. Отмечается большое количество пустоток-каналчиков, количество которых растет по направлению к центру потока. Структура породы в этой зоне витрофировая, гиалобазальтовая. Темно-бурое изотропное стекло замещается постепенно буровато-оранжевым, местами желтовато-бурым или грязно-зеленым палагонитом, нарастающим в виде розеток, вееров и пучков на скелетные кристаллы плагиоклаза с каймой черного изотропного стекла (рис. 2, в) Местами пустотки окружены палагонитом в виде бурых аморфных масс кружевного строения.



Центральная часть потока представлена почти полностью раскристаллизованным вариолитом, состоящим из радиальноволокнистых масс метельчатых пучков тонких игольчатых индивидов альбита. В центре некоторых вариолей между его иголочками внутри сростков и между вариолями рассеяны отдельные призмочки или скопления округлых зернышек пироксена. Вариоли в этой части потока не имеют четких границ (рис. 3, а). Местами отмечаются срастания двух или трех вариолей, которые как бы плавают в вулканическом стекле (рис. 3,б). Иногда встречаются сво-

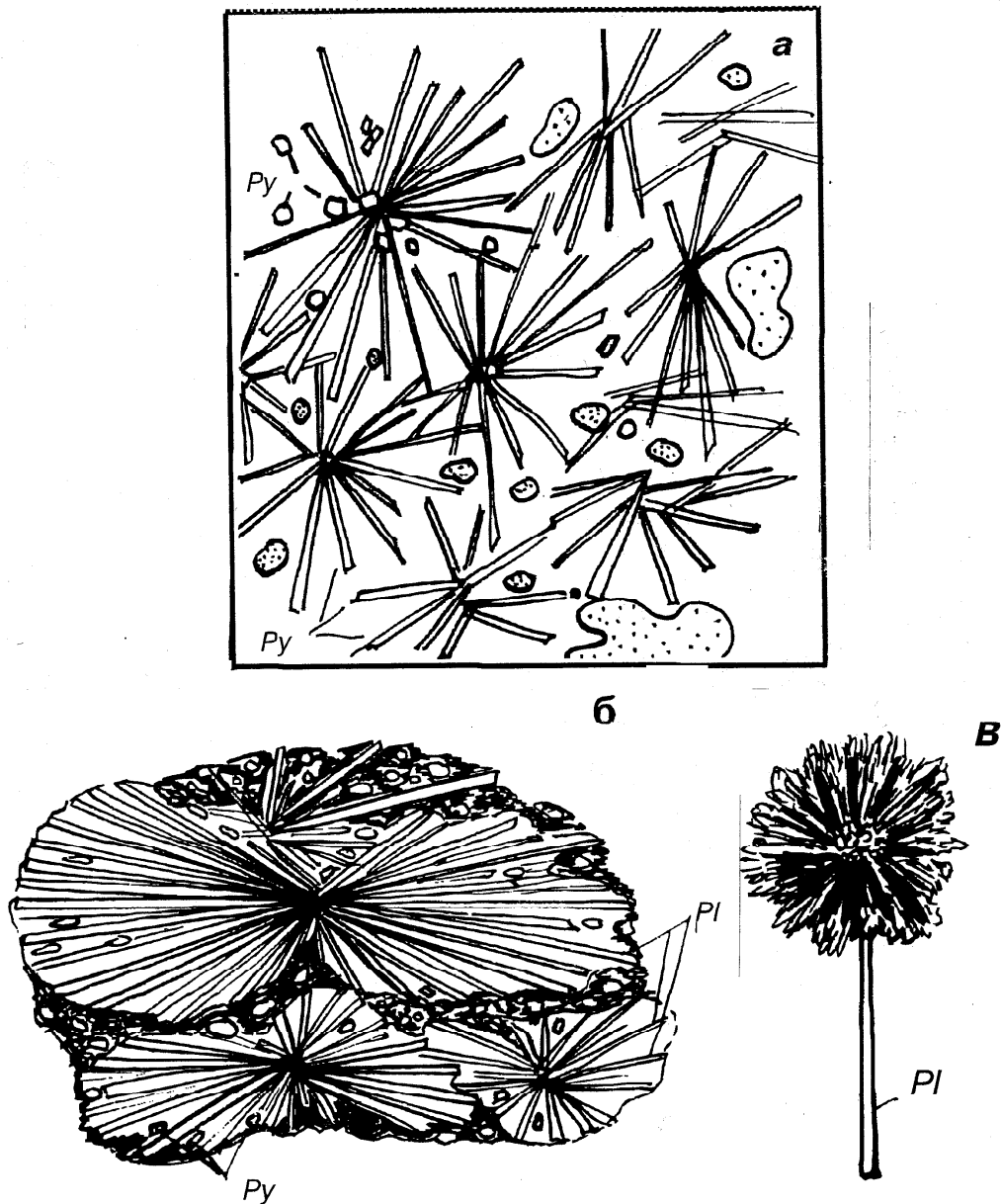


Рис. 3. Раскристаллизованные вариолиты в центральной части потока:  
 а — метельчатые и розетковидные срастания плагиоклаза с микролитами пироксена, с пустотками неправильной формы; б — вариолы в черном вулканическом стекле с мелкими пустотками; в — радиально-лучистое обособление с глобулитами бурого изотропного стекла в центре, нарастающего на него гидробиотита и лейстовидным кристаллом плагиоклаза. Рисунки по шлифу при одном никеле, увеличение 20

еобразные сrostки, напоминающие цветок, центр которого представлен буроватым изотропным стеклом, «лепестки» — гидробиотитом буровато-оранжевого цвета с отчетливым плеохроизмом от оранжево-бурого цвета по  $N_g'$  до желтого по  $N_p'$  (рис. 3, в). Местами структура напоминает интерсертальную, хотя в целом она — вариолито-витрофировая. Резких переходов от одной зоны к другой нет, но в шлифах при разных увеличениях хорошо видна постепенная смена афирового базальта в центре потока вариолитовым базальтом, содержащим около 80—85 % вариолей, размеры которых варьируют в пределах от долей до 1—3 мм. Прикровельная часть потока сложена гиалобазальтом, она состоит из тонких лейстовидных скелетных кристаллов плагиоклаза и основной стекловатой массы, представленной темно-бурым аморфным стеклом. Мелкие пустотки округлой формы в нижней части этой зоны сначала редки, потом количество их увеличивается и размеры растут от долей мм до 2—3 мм. Приближаясь к стекловатой кровельной части гиалобазальт практически не содержит лейст плагиоклаза и кристаллов пироксена, превращаясь в зону темно-бурого вулканического стекла с многочисленными округлыми пустотками разных

размеров, частью соединенных друг с другом проводничками и даже сливающимися, создающими пузыристую текстуру.

Верхняя стекловатая корка представлена вулканическим стеклом темно-бурого, почти черного цвета, как бы плавающим в розоватом стекле. В кровельной стекловатой корке, как и в подошве, наблюдаются зародыши вариолей, скелетные кристаллы плагиоклаза и пироксена, элементы аксиолитовой структуры.

Подобная зональность наблюдается и в древних вулканических потоках и силлах небольшой мощности. В компактных и трубчатых лавовых потоках и силлах базальтового состава баймак-бурибайской свиты девонского возраста на правобережье р. Таналык к северу от п. Бурибай и в окрестностях с. Самарского отчетливо проявлены зонки закалки в подошве и кровле этих тел (рис. 4). Поверхность труб и подушек в лавовых трубообразных потоках обычно имеет гофрировку и трещиноватость, направленные вдоль течения потока. Эта поверхность, как правило, представляет собой либо гиалобрекчию, либо вариолит и очень редко вулканическое стекло.

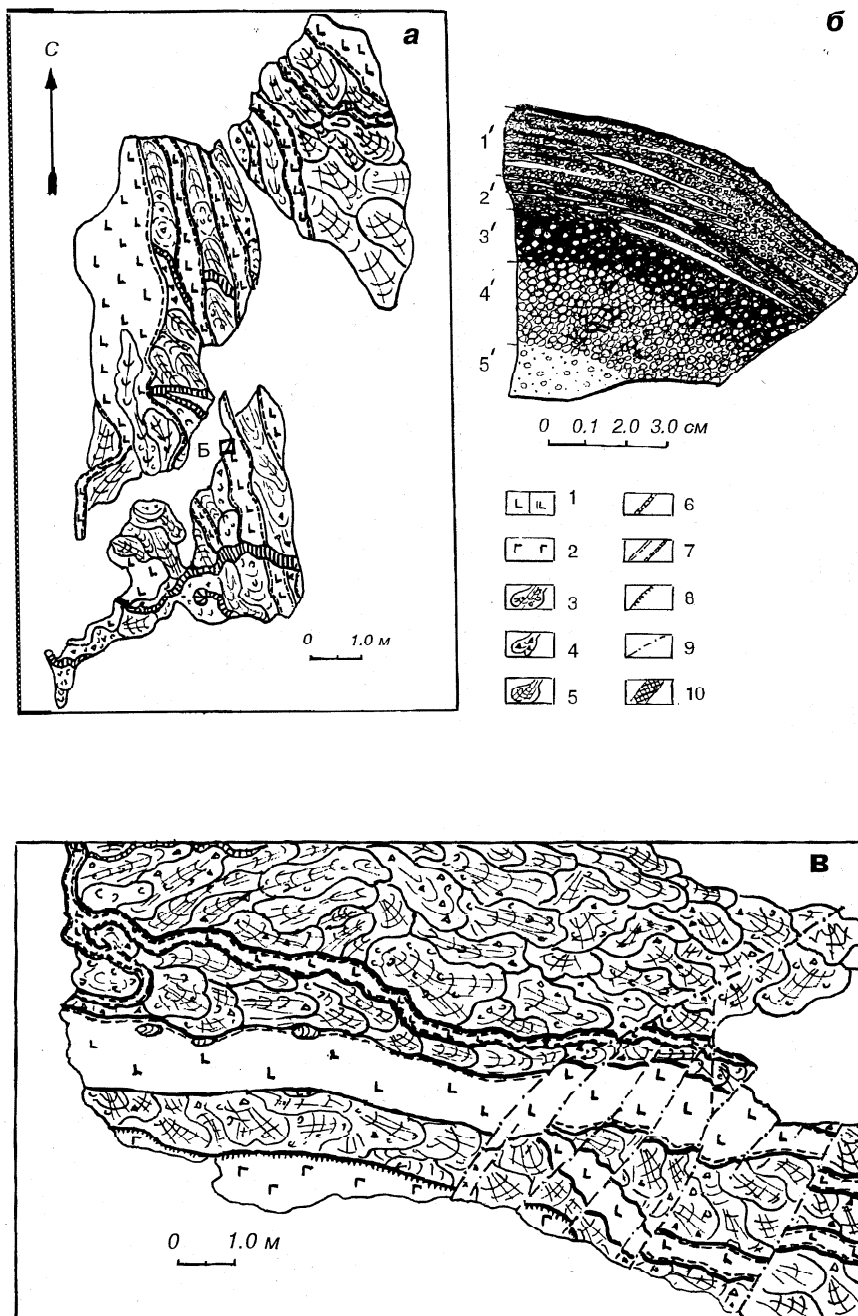


Рис. 4. Характер взаимоотношения даек, силлов и лав базальтового состава баймак-бурибайской свиты Южного Урала:

а — трубчатые лавы базальтового состава с вариолитовой и брекчиевой коркой на поверхности среди силлов с зональным строением; б — фрагмент строения кровельной части базальтового силла: 1 — закалочная зона с полосками вулканического стекла в разной степени измененного и раскристаллизованного, 2 — вариолит-аксиолитовая зона, 3 — гиалобазальтовая зона, 4 — вариолитовый базальт, 5 — афировый базальт с интерсертальной структурой основной массы и отдельными вариолями; в — маломощные силлы базальтового состава с зональным строением 1 — базальты афировые и плагиоклаз-пироксеновые, 2 — диабазы, 3 — трубы базальтовых лав с вариолитовой коркой на поверхности, 4 — тоже самое с брекчиевой коркой, 5 — лавовые трубы с гофрировкой на поверхности, 6 — дайки с двусторонними зонками закалки, 7 — закалочная полосчатость в эндоконтактах тел, 8 — закалочные стекла, 9 — тектонические нарушения, 10 — гиалокластиты и брекчии в межтрубном пространстве.

Наблюдается обратная зависимость между диаметром подушек и труб и толщиной стекловатой корки. Чем меньше размер трубы, тем толще стекловатая зона. При радиусе подушки 10 см мощность корки иногда достигает 1.5—2.0 см, в то время как трубы диаметром до 1.5—2.0 м практически не имеют стекловатой корки и внешняя зона у них вариолитовая (рис. 4, а). В силлах мощностью от 10—20 см до 1.0—1.5 м отчетливо выражены зонки закалки (рис. 4, б), в них видно зональное строение: внешняя часть мощностью 1.5—2.0 см представлена хлоритизированным вулканическим стеклом с розетковидными срастаниями и вариолями, состоящими из игольчатых кристаллов плагиоклаза и мелких зерен измененного пироксена, зажатого между кристаллами плагиоклаза. В закалочной зоне отмечается полосчатость, подчеркнутая наличием длинных (от 1 до 5 см) линзовидных полос разного цвета (черного, серого, темно-зеленого, белого, розовато-бурого), сложенных вариолями светлой окраски, количество которых варьирует в пределах от 5—10 до 85—90 %, находящихся в темном, в разной степени измененном, вулканическом стекле. Переход к следующей гиалобазальтовой зоне постепенный. Она сложена измененным вулканическим стеклом, содержащим около 40 % вариолей размером 0.5—1 мм и около 15 % миндалинов размером до 2—2.5 мм и характеризуется вариолитовой структурой и миндалекаменной текстурой. Без резких границ вариолит-миндалекаменная зона переходит в вариолитовую мощностью около 5 см. Вариоли светлые, имеют радиально-лучистое строение, состоят из игольчатых кристаллов плагиоклаза, между которыми находятся округлые мелкие зерна пироксена (размером 0.01—0.03 мм). Вариоли плотно соприкасаются, местами в промежутках встречается хлоритизированное вулканическое стекло. Центральная часть силла представлена полностью раскристаллизованным базальтом, состоящим из розетковидных, метельчатых, сноповидных индивидов плагиоклаза, фрагментов вариолей, элементов аксиолитов. Структура — интерсерральная.

В этом же овраге, в его северном борту обнажается несколько силлов мощностью от 5—20 см до 2 м, протяженностью до 60 м, залегающих практически горизонтально (рис. 4, в). Зоны эндоконтактов стекловатые, по направлению к центрам силлов отмечается заметная раскристаллизация до возникновения диабазовой структуры. При микроскопическом изучении установлены в кровле и подошве потока вариолитовые зоны, постепенно сменяющиеся полосой гиалобазальтов, которые в свою очередь уступают место тонкокристаллическим агрегатам пироксен-плагиоклазового состава радиально-лучистого строения. Вмещающее их стекло изменено (хлори-гизировано, актинолитизировано). В центральных частях более мощных силлов стекловатая основная масса не фиксируется, здесь обычно наблюдается офитовая структура. Отмечается укрупнение отдельных кристаллов плагиоклаза и пироксена, которые иногда содержат включения стекловатой основной массы. В тонких силлах (мощностью 5—10 см) стекловатая матрица обнаруживается и в центральной части.

Аналогичные закономерности в характере кристалличности наблюдаются и во вмещающих силлы трубчатых потоках. Вариолитовые корки подушек и труб сменяются к центру радиально-лучистой раскристаллизацией.

Закалочные зоны отчетливо проявлены и в дайках, являющихся подводными каналами для трубчатых лавовых потоков базальтового состава. В 1 км юго-западнее южной околицы с. Самарского в стенке оврага и его русле обнажена дайка мощностью 0.2 м, имеющая азимут простирания 350°, разветвляющаяся в двух направлениях (азимут 250° и 80°) и заканчивающаяся трубообразными пузыристыми обособлениями диаметром 0.6—0.7 м (рис. 5, а). В шлифах, отобранных по разрезу от контакта дайки, были зафиксированы последовательные этапы кристаллизации. В стекловатой изотропной массе появляются участки с кристаллитами, которые сменяются зоной с микролитами пироксена и микролейстами плагиоклаза. Здесь же появляются фенокристы пироксена размером до 3 мм и редкие скелетные кристаллы плагиоклаза с бахромой на некоторых гранях. Буроватое изотропное стекло местами не изменено, вдоль линии контакта в нем содержится значительное количество вариолей (рис. 5, б), подчеркивающих полосчатость эндоконтактовой зоны дайки. Основная масса в центре дайки характеризуется гиалопилитовой структурой и миндалекаменной текстурой.

Отмечаются случаи, когда от дайки отходят апофизы, имеющие вид шариков или пузырей с «ножкой». Размеры этих обособлений варьируют в пределах 5—15 см (рис. 5, в). Возможно, что присутствие наряду с большими трубами и подушками мелких пузыреобразных обособлений свидетельствует о существовании вторичных потоков, отличающихся изометричной формой и гладкой поверхностью. Они возникают, когда стекловатая поверхность базальтовой трубы трескается и из нее выдавливается небольшое количество расплава. Такое строение лавовых потоков наблюдалось при подводном изучении подушечных лав в зоне рифтогенеза в Красном

море [1]. Микроскопическое изучение апофиз позволило увидеть зональное строение с закалочными стеклами в дайке, в «ножке» и в самой пузыреобразной апофизе (рис. 5, г). В шлифах

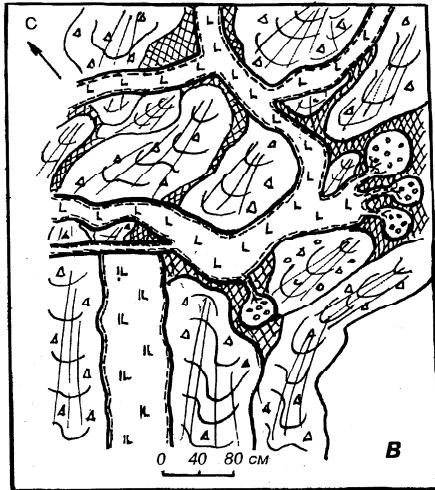
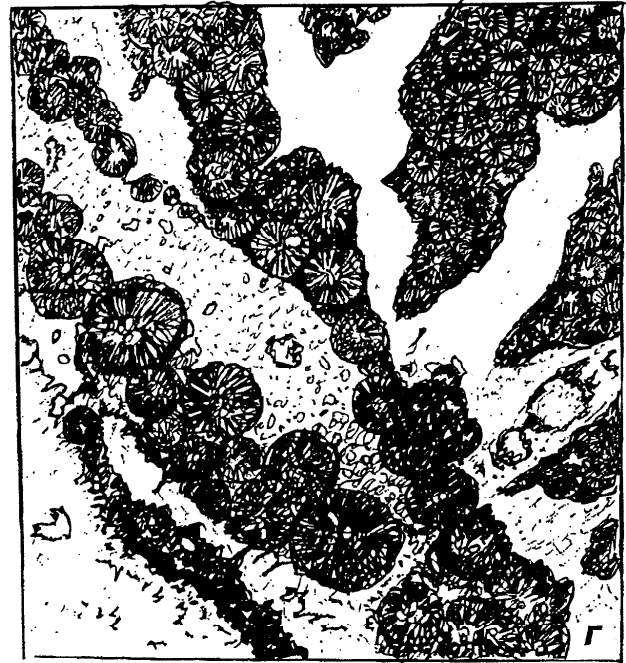
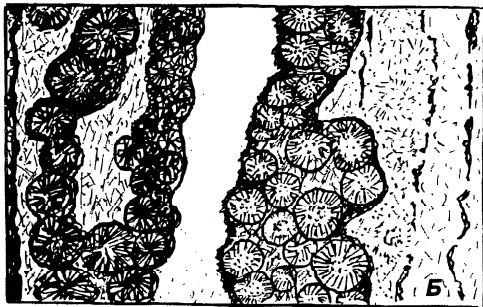
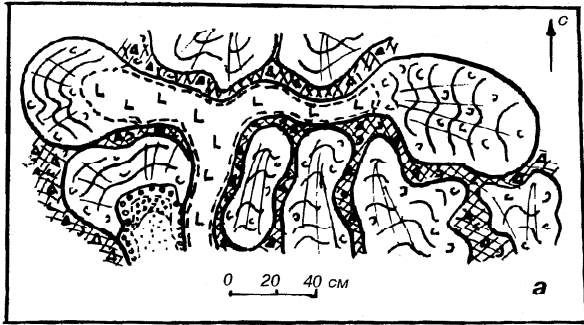


Рис. 5. Дайки — подводные каналы для лав баймак-бурибайской свиты:

а — дайка афировых базальтов разветвляется в разные стороны и заканчивается трубообразными пузырями.; б — строение зоны закалки в дайке. Рисунок шлифа при одном никеле, увеличение 16; в — апофизы - «пузыри» на выклинивании даек; г — строение закалочной зоны в апофизе. Рисунок шлифа при одном никеле, увеличение 16

отчетливо видно, что в дайке, ограниченной зонами закалки, возникают своеобразные очаги кристаллизации, в которых из основного базальтового стекла в центральной части кристаллизуется миндалекаменный пироксеновый базальт с гиалопилитовой или витрофировой структурой основной массы. Вариолитовые зоны характеризуются наличием вариолей разного размера, расположенных в одних случаях свободно в вулканическом

стекле, в других — плотно прилегающих друг к другу. Ближе к краевым частям вариоли сложены только плагиоклазом и имеют радиально-лучистое строение, которое подчеркивается тонкодисперсным рудным веществом, находящимся между игольчатыми кристаллами плагиоклаза. Такая же темная кайма шириной не более 0.02 мм ограничивает и отдельные вариоли. В некоторых вариолях в краевых частях даек содержится значительное количество каплевидных пузырьков, ориентированных согласно радиально-лучистому строению вариолей. В «ножке» мощностью 2—5 см наблюдаются удлиненные струевидные участки, представленные вулканическим стеклом: хлоритизированным с микролейстами плагиоклаза, буроватым изотропным не измененным стеклом, а в центре — афировым базальтом с гиалопилитовой основной массой и миндалекаменной текстурой. Апофизы представлены вариолитовым базальтом. Вариоли размером 1—3 мм расположены обособлено, как бы плавающая в хлоритизированном вулканическом стекле.

Местами наблюдается срастание нескольких вариолей в полосы, ориентированные соответственно поверхности апофизы. Макроскопически черные полосы представлены буроватым вулканическим стеклом с гиалопилитовой, местами пилотакситовой структурой, в основной массе которого находятся либо беспорядочно расположенные, либо ориентированные вдоль границ апофизы микролиты и микролейсты плагиоклаза размером менее 0.01 мм. Отдельные полосы хлоритизированного вулканического стекла пропитаны тонкодисперсным рудным веществом. Иногда на выклинивающихся окончаниях потоков наблюдается чередование колец закалочных стекол с тонкодисперсным окисно-рудным веществом [3].

Микроструктурные особенности закалочных стекол базальтового состава в маломощных вулканических телах позволяют предполагать, что в закрытых узких ленточных каналах и небольших камерах отстоя происходят процессы ликвации, которые в палеовулканических областях в большинстве случаев со временем затушевываются последующей раскристаллизацией, а в поздней стадии изменения метаморфическими и метасоматическими преобразованиями.

Изложенный выше фактический материал и результаты петрографического изучения стекловатых базальтовых пород подтверждают не только возможность ликвации, но и свидетельствуют о твердофазной кристаллизации. Признаками, подтверждающими этот вывод, являются вариолиты, скелетные формы главных породообразующих минералов, включения стекла и стекловатой основной массы в порфирированных выделениях, бахромы на гранях некоторых кристаллов, чередование стекловатых и закристаллизованных линз в краевых частях некоторых силлов, потоков и даек.

### Литература

1. Атлас подводных фотографий Красноморского рифта. М. Наука, 1983, 136 с.
2. *Кабанова Л. Я.* Особенности состава островодужных толеитовых базальтов: зависимость от морфологии и размера тел. //Геология морей и океанов. Тезисы докладов 9 Всесоюзной школы морской геологии. ИО АН СССР, т. 2, М. 1990. С. 180—181
3. *Кабанова Л. Я.* Микроструктуры закалочных стекол базальтовых лав как показатель ликвации. //Магматизм и геодинамика. Материалы 1 Всероссийского петрографического совещания. Книга 3, Уфа, 1995. С. 78—79
4. *Прокопцев Н. Г.* Атлас структур глубоководных лав Тихого океана. М. Наука, 1980, 142 с.
5. *Фролова Т. И., Митрейкина О. Б.* Явления ликвации в океанических базальтах//Петрологические исследования базальтов островных дуг. М. Наука, 1978. С. 103—116.