

МЕТАМОРФИЗМ И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ТИТАНА В ЗОНЕ ШИНДИНСКО- ДЕРБИНСКОГО РАЗЛОМА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

О. М. ГЛАЗУНОВ

(Представлена профессором А. М. Кузьминым)

Шиндинско-Дербинский разлом, с которым связаны описываемые метаморфизические образования, находится на юго-западном крыле Восточно-Саянского антиклинального поднятия. Он протягивается параллельно ведущим геологическим структурам региона от истоков р. Дербиной (приток р. Енисея) до верхнего течения р. Кизыра в центральной части В. Саяна.

По данным площадных исследований Ф. Я. Пана, В. В. Хоментовского [16], разлом ограничивает структуру Протеро-Саяна от палеозойской складчатой области.

В бассейне рр. Сисима, Шинды разлом представляет собою систему сопряженных продольных нарушений, рассекающих отложения эффузивно-осадочной (кувайской) свиты верхнего протерозоя на границе сочленения их с более древними карбонатными толщами. Общая тектоническая картина одного из отрезков разлома представлена на рис. 1.

Ширина зоны в плане 3—5 км, преобладающее падение плоскостей сместителя — ЮЗ под $\angle 65-80^\circ$. Наиболее ослабленные участки нарушения фиксируются цепочкой сложно-полосчатых массивов габбро-пироксенито-серпентинитового состава, объединенных в Лысанский комплекс [2].

В пределах зоны породы протерозоя сильно дислоцированы и расланцованы, выборочно катаклазированы. Характерно, что они несут на себе следы более интенсивного метаморфизма, нежели аналогичные образования, находящиеся на некотором удалении от разлома. Это обстоятельство наряду с широким линейным развитием среди полей эффузивов таких пород, как амфиболиты и мигматиты давно привлекало внимание исследователей и находило в их трудах различное объяснение. Главное внимание при этом обычно уделялось происхождению амфиболитов.

Так, Д. А. Васильев, впервые в 1942 г. кратко описавший метаморфические породы верхнего Сисима, считал амфиболиты продуктом глубокого регионального метаморфизма и на этом основании относил к самому древнему архейскому комплексу В. Саяна.

Ф. Я. Пан связывал амфиболиты с проявлением контактового метаморфизма.

Позднее З. И. Иконникова предлагала считать их даже производными габбро и габбро-амфиболитов Лысанского комплекса. Как будет показано, это полностью противоречит фактическим данным.

Все приведенные здесь выводы основывались на попутных наблюдениях и, естественно, не могут считаться окончательными.

Между тем слабая изученность пород в пределах рассматриваемой тектонической зоны, в частности, отсутствие сведений о степени их метаморфизма, первичном субстрате, а следовательно, и генезисе служили причиной оживленной полемики между исследователями. Интерес к данным образованиям в последнее время возрос в связи с открытием Ф. Я. Паном в серпентинитах титаномагнетитового оруденения, а нами в амфиболитах интересных концентраций рутила.

Настоящие материалы не претендуют на полноту, но, на наш взгляд, позволяют ближе подойти к решению вопроса о метаморфизме

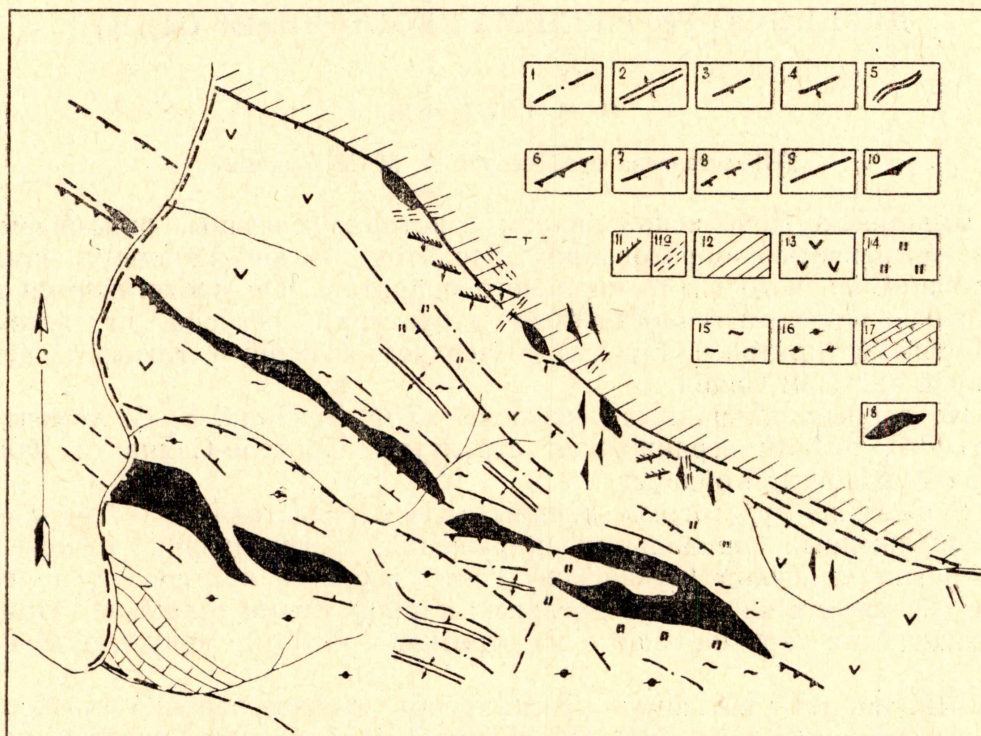


Рис. 1. Фрагмент тектонической картины разлома.

Оси складок: 1 — синклинали и 2 — антиклинали. Преобладающее направление: 3 — расщепления, 4 — слоистости, 5 — гнейсоватости. Нарушения: 6 — генеральные, 7 — второстепенные, 8 — предполагаемые, 9 — установленные. Трещины: 10 — разрыва, 11 — скалывания; 11 а — зоны интенсивного расщепления. Нижний протерозой: 12 — мрамор с пачками графитовых сланцев. Верхний протерозой: 13 — зеленокаменные эффузивы, 14 — амфиболиты, 15 — сланцы, 16 — гнейсы, 17 — известняки, 18 — массивы Лысанского габбро-пироксенито-серпентинового комплекса.

в зоне разлома, генезисе, амфиболитов и связанной с ним титановой минерализации в западной части В. Саяна.

Одна из наиболее характерных особенностей Шиндинско-Дербинской тектонической зоны заключается в том, что в ней присутствуют породы, принадлежащие различным метаморфическим фациям.

В соответствии с классификацией Ф. Дж. Тернера [14] нами выделяются следующие типы метаморфических образований:

- а) эффузивы в зеленокаменной стадии изменения,
- б) альбито-актинолит-хлоритовые сланцы зелено-сланцевой фации,
- в) роговообманковые и эпидото-альбито-актинолитовые сланцы эпидото-амфиболитовой фации,
- г) амфиболиты собственно амфиболитовой фации.

Кроме указанных пород обнаруживаются мигматиты, а также секущие тела габбро, пироксенитов, серпентинитов, на характеристике которых мы не останавливаемся. Изучение метаморфизма последних может составить предмет самостоятельной работы.

Рассматриваемая зона в целом имеет сложное геологическое строение (рис. 2). В отдельных участках в разной степени метаморфизованные породы настолько тесно перемежаются друг с другом, что на первый взгляд невозможно выявить какие-либо закономерности их размещения и взаимоотношения.

Они не занимают широкой площади, слагают отдельные линейные полосы в наиболее ослабленных участках разлома.

При детальном изучении разрезов в целом вырисовывается поясное строение зоны.

Прежде всего обращает на себя внимание тесная пространственная приуроченность наиболее метаморфизованных пород и продуктов про-

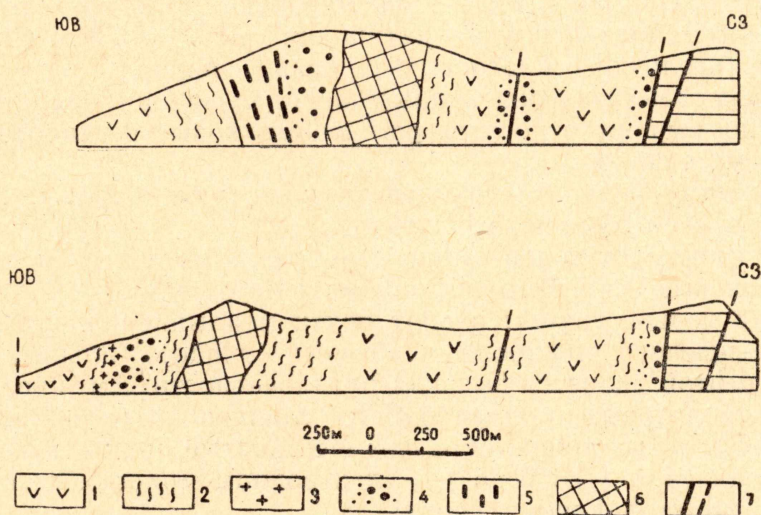


Рис. 2. Геологический разрез через зону разлома. 1—эффузивы, 2—метаморфические сланцы за счет эффузивов, 3—мраморы с пачками графитистых сланцев, 4—амфиболиты, 5—мигматиты, 6—интрузивные массивы габбро-пироксенито-серпентинитового состава, 7—нарушения.

цесса биотитизации и альбитизации к центральной части зоны, которая фиксируется цепочками габбро-пироксенитовых массивов и участками развития мигматитов.

Наблюдается также приуроченность амфиболитов к зонам повышенного рассланцевания и трещиноватости.

По мере удаления от центра зоны в направлении, поперечном простиранию, наблюдается уменьшение степени метаморфизма эффузивов. Амфиболиты сменяются роговообманковыми сланцами. Последние переходят в эпидото-актинолитово-альбитовые сланцы, которые, в свою очередь, уступают место хлорито-актинолитово-альбитовым сланцам и эффузивам в обычной зеленокаменной фазе состояния.

Ниже остановимся на петрографической характеристике пород, располагая их последовательно от слабоизмененных к более метаморфизованным.

Предварительно отметим основные черты исходных эффузивов. Укажем также, что каждой фации метаморфизма присущи свои собственные типоморфные ассоциации минералов, «первое появление кото-

рых (при переходе от низкой к более высокой ступени метаморфизма) отмечает наружные границы рассматриваемой зоны» [14]. Например, для зеленосланцевой фации характерны хлорит, альбит, для эпидотово-амфиболитовой — сине-зеленая глиноземистая роговая обманка.

I. Эффузивы вдали от описываемой зоны имеют зеленовато-серую окраску, афировую, реже порфировидную или миндалекаменную структуру. В обнажениях часто обнаруживается шаровая отдельность, переслаивание с пластами известняков, микрокварцитов.

Порода состоит из вытянутых лейст плагиоклаза (№ 5—7), погруженных в чешуйчато-волокнистый базис из хлорита и актинолита с примесью кальцита, эпидота, цоизита, сфена. Названные минералы кристаллизуются при диагенезисе и являются гистерогенными для зеленосланцевой фации.

Метаморфизм эффузивов приводит к возникновению за счет них пород (альбито-актинолито-хлоритовые сланцы) сланцеватой, очковой текстуры и нематобластовой, либо псевдопорфиروبластовой микроструктуры. В составе породы существенную роль при этом играют хлорит, альбит, подчиненную — актинолит ($2V = -70^\circ$, $CNg = 16^\circ$), сфен, рутил (иглолочки в плагиоклазе), кварц, эпидот.

II. К более метаморфизованным породам фации эпидотовых амфиболитов по Тернеру относятся роговообманковые и эпидото-альбито-актинолитовые сланцы.

По внешнему виду это сланцевато-полосчатые породы, состоящие из зеленой роговой обманки и альбита.

В зависимости от содержания минералов выделяются собственно роговообманковые и альбито-роговообманковые сланцы.

В состав первой группы входят почти мономинеральные образования из сине-зеленого амфибола и примеси эпидота, альбита. Отличительной их чертой является высокая рутилоносность. Амфибол эпидото-альбито-актинолитовых и амфиболовых сланцев плеохроирует в зеленых и светло-зеленых тонах, образует шестоватые, игольчатые кристаллы. При увеличении (12000 раз) в электронном микроскопе обнаруживаются коротко столбчатые разрезы.

По оптическим константам ($2V = (-) 82-83^\circ$, $CNg = 16-19^\circ$, $Ng - Np = 0,018-0,021$) минерал относится к актинолиту или занимает промежуточное положение между актинолитом и грамматином [15]. Результаты химического анализа «общего» амфибола в вес. % следующие:

Таблица 1

№ п. п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
1	47,46	0,88	6,88	3,36	7,38	0,18	20,48	9,70	1,76	0,20	6,64

В рутилоносных роговообманковых сланцах выделяется несколько разновидностей амфибола. Наиболее распространена сине-зеленая щелочная роговая обманка ($2V = (-) 64-68^\circ$, $CNg = 34-37^\circ$), по составу отвечающая эккерманиту. Подчиненное значение имеет амфибол с зелено-коричневыми цветами плеохроизма ($2V = (-) 40-56^\circ$, $CNg = 20-23^\circ$), по-видимому, близкий баркевикиту. По представлениям Тернера [14], сине-зеленый амфибол является чувствительным индекс-минералом фаций эпидотовых амфиболитов.

Альбит явно ксеноморфен по отношению к амфиболу, проникает внутрь разрезов последнего, образует полосы, чередующиеся с полоса-

ми амфибола или скапливается в замковых частях микроскладок. В совокупности с тем и другим минералами повсеместно встречаются более поздние по времени выделения биотит и кварц. Для пород данной фации характерно присутствие эпидота, цоизита.

Структура описываемых пород преимущественно нематобластовая, обусловленная развитием удлиненных призм роговой обманки. В участках, где амфибол содержит включения плагиоклаза, она приближается к пойкилобластовой. Текстура сланцеватая, реже — очковая за счет присутствия реликтов первичных эффузивов.

Характерная черта эпидотовых амфиболитов заключается в их рутилоносности, которая приурочивается к породам, сложенным синезеленой роговой обманкой. Альбитовые амфиболиты, равно как и «пластующиеся» с ними габбро и габбро-амфиболиты, бедны рутилом или вообще его не содержат. Рутилоносные сланцы оконтуриваются в полосе, простирающуюся более чем на 20 км при ориентировочной ширине в плане 200 м.

Распределение рутила в породах в общем неравномерное. Он развивается в форме обособленных игольчатых кристаллов и удлиненных зерен размером до 3 мм на границе плагиоклаза и амфибола, реже как оторочка вокруг зерен ильменита. Иногда тончайшие иголки минерала располагаются по спайности плагиоклаза. Почти всегда крупные зерна рутила группируются в цепочки, параллельные сланцеватости. В некоторых шлифах намечается ясная пространственная связь рутила с эпидотом.

III. Эпидотовые амфиболиты обнаруживают постепенные переходы к собственно амфиболитам, которые тяготеют к центральной части зоны.

По внешнему виду собственно амфиболиты — темно-зеленые массивные с переходами к полосчатым разностям породы. В составе их как обычно в амфиболитах превалирует зеленая роговая обманка ($2V = (-)80-83^\circ$, $CNg = 16-20^\circ$), подчиненное место принадлежит андезину (№ 35—40). Из примесей отмечены эпидот, цоизит, хлорит, сфен.

Все минералы отличаются значительной свежестью. Микроструктура породы приближается к гранобластовой.

Аналогичные по составу и структуре породы описаны во многих районах Алтае-Саянской области. Наиболее широко развиты они в пределах докембрийских глыб Восточного Саяна и Св. Тувы [3].

Мигматиты представляют собою конечный продукт метаморфизма эффузивов в тектонической зоне. Они залегают поблизости от габбро, слагая отдельные полосы в толще амфиболитов и эффузивов.

Морфологические черты пород довольно однообразны. Все они относятся к типу послойных мигматитов по Н. Г. Судовикову [13] и К. А. Шуркину [17]; им присуща полосчатая текстура за счет параллельного расположения светлых плагиоклазовых полос на зеленом фоне амфиболита, либо амфиболизированного эффузива.

Темные полосы сложены различной крупности зернами обыкновенной роговой обманки ($2V = (-)76$, $CNg = 18$), а светлые — из альбитизированного и сосюритизированного плагиоклаза (№ 30—40) с включениями амфибола и кварца.

В темных полосах некоторых образцов наблюдаются реликты эффузивов, обволакиваемые струями плагиоклаза и амфибола. Границы полос четкие, прямолинейные. В контакте с плагиоклазом кристаллы амфибола деформированы с разрывом и без разрыва сплошности, частично замещаются хлоритом, пронизываются плагиоклазом. Отдельные кристаллы амфибола отторгаются от субстрата и как бы плавают в

массе плагиоклаза, а иногда растаскиваются в шнурочки, создавая узор будинажа.

По химическому составу мигматиты сходны с амфиболитами, но отличаются от них лишь относительной бедностью щелочами, титаном и более высоким содержанием кальция и алюминия (табл. 2). Мигматиты относятся нами к типичным инъекционным образованиям, связанным генетически с конечными продуктами габбро-пироксенитовой магмы.

Для иллюстрации минеральных парагенезисов фаций метаморфизма нами использовались диаграммы состав-парагенезис в виде равно-стороннего треугольника-основания тетраэдра с виртуальными компонентами (Mg, Fe) O, CaO, Al₂O₃. Подвижные компоненты и примеси в соответствии с минералогическим правилом фаз Д. С. Коржинского [6] на диаграммах не показаны.

Учитывая постоянство минералогических ассоциаций, мы ограничились составлением по одной диаграмме для каждой фации. На рис. 5, кроме основных данных, нанесены фигуративные точки как исходных пород, так и продуктов их метаморфизма, а также анализы различных габброидов. Стрелками показано направление изменения пород в процессе метаморфизма.

Как видно из диаграммы (рис. 3), парагенетическая ассоциация минералов эффузивов и зеленых сланцев (актинолит-альбит-эпидот-хлорит) попадает в замкнутое поле равновесия I, карбонатно-хлорито-актинолитовые сланцы — в поле равновесия II.

Минеральный комплекс, образующийся в результате более глубокого метаморфизма, отображается на рис. 4. Здесь наиболее устойчивым оказывается роговая обманка — эпидот-альбит I. Роговообманковые сланцы с эпидотом и биотитом укладываются в поле равновесия II.

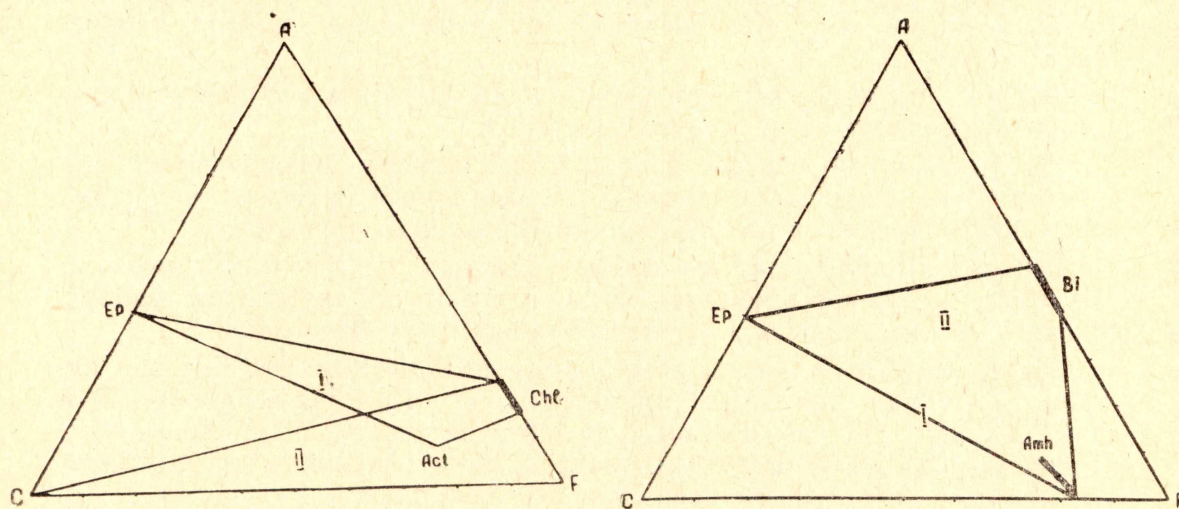


Рис. 3—4. Диаграммы состав-парагенезис для пород фации зеленых сланцев и эпидотово-амфиболитовой.

В пределах этой же фации возможна ассоциация эпидот-кварц-сфен.

Собственно амфиболитовая фация пород представлена парагенезисом — роговая обманка-андезин (рис. 5). Наряду с этим здесь присутствуют такие низкотемпературные минералы, как хлорит, кальцит, появление которых, по-видимому, следует связывать с процессом диафтореза.

Для решения вопроса генезиса амфиболитов остановимся на сопоставлении химических характеристик эффузивов, сланцев и амфиболитов. Проведем параллель также между габбро, габбро-амфиболитами, с одной стороны, и амфиболитами — с другой, ибо ряд геологов района все еще придерживаются взгляда на образование амфиболитов за счет габброидов, а не эффузивов. Подчеркнем, что при полевых исследованиях нигде не наблюдается переходов от амфиболитов к габбро, тогда как повсеместно фиксируются все стадии превращения эффузивов в амфиболиты.

По химическому составу и в первую очередь по высокому содержанию щелочей (параметр А. И. Заверницкого «а» равен 8,8), эффузивы близки спилитам по Дели, хотя отличаются от последних повышенным

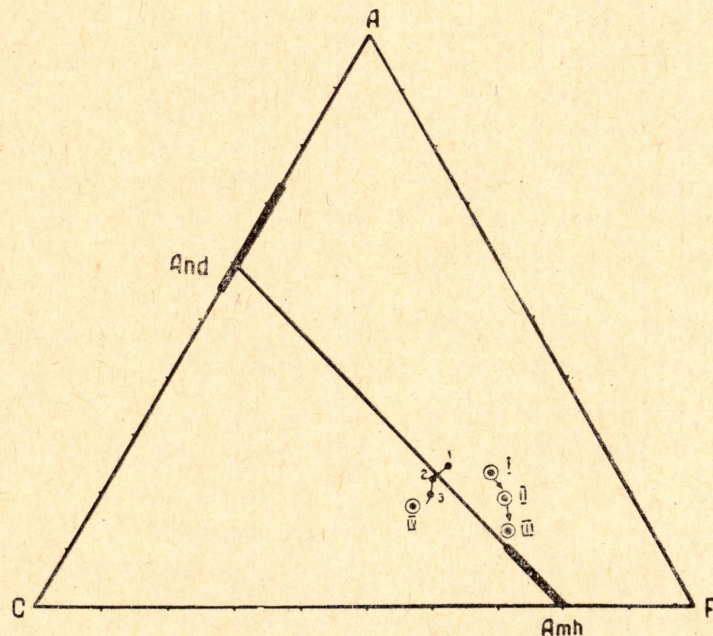


Рис. 5. Диаграмма состав-парагенезис для пород амфиболитовой фации.
I — эффузивы, II — роговообманковые и эпидото-альбито-роговообманковые сланцы (ср. из 10 анализов); III — амфиболиты; IV — мигматит (обр. 1274); 1 — габбро-амфиболит (обр. 2404); 2 — габбро (обр. 11); габбро (ср. из 58 анализов).

содержанием магния, железа, фосфора и относительной бедностью кремнеземом. Спектроскопическое изучение (рис. 6) показывает на присутствие в их составе ванадия, хрома, никеля, кобальта, марганца и ряда других компонентов.

Породы амфиболитовой фации (табл. 2) расположены ближе к эффузивам, нежели к габбро. Это сходство находит отражение на рис. 5, где видно расположение фигуративных точек амфиболитов и эффузивов в самостоятельную и отчетливую вариационную линию, удаленную от соответствующей линии габброидов.

Кроме того, близость подтверждается присутствием одноименных микроэлементов (рис. 6) в равном количественном содержании.

Положение роя указывает на заметное изменение состава эффузивов при метаморфизме, заключающееся в обогащении их железистым компонентом, кальцием при одновременном понижении содержания алюминия.

Таблица 2

Окислы в вес. %	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	46,24	46,70	45,70	45,54	46,04	49,12	42,80	40,00	45,28
TiO ₂	2,59	2,81	1,94	2,25	1,57	1,43	4,45	4,80	0,27
Al ₂ O ₃	14,60	12,57	12,72	11,78	10,70	14,84	14,67	14,50	15,27
Fe ₂ O ₃	3,81	2,08	4,07	4,17	3,74	2,63	2,76	3,60	0,59
FeO	8,38	8,64	8,65	8,88	8,43	8,62	11,97	10,90	8,54
MnO	0,16	0,17	—	—	0,21	0,20	0,26	0,20	0,18
MgO	10,34	10,94	11,53	11,67	14,50	6,82	4,86	6,80	11,41
CaO	8,12	9,48	7,78	10,44	9,08	9,21	9,78	11,50	15,45
Na ₂ O	2,29	2,26	1,76	1,42	1,94	3,65	3,11	2,50	0,87
K ₂ O	1,01	0,75	0,62	0,58	0,26	0,21	0,84	0,40	0,18
P ₂ O ₅	0,36	0,31	0,22	0,22	—	0,28	0,51	0,60	0,06
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	0,017
V ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	—	0,027
п. п. п.	2,70	3,32	5,18	3,98	3,34	2,94	4,26	4,30	2,54
Fe ₂ O ₃ /FeO	0,42	0,28	0,41	0,42	0,39				
Сумма	101,02	100,34	100,58	101,35	100,20	99,95	100,27	100,10	100,68

Результаты химического анализа

1—эффузивы, среднее из 10 анализов, 2—эффузив (обр. 1505), 3—амфиболовой сланец (обр. к-51—2), 4—то же (обр. к-52—21), 5—амфиболит г. Лысан (обр. 3001), 6—габбро-амфиболит (обр. 2404), 7—габбро (обр. 11), 8—габбро, среднее из 58 анализов, 9—мигматит г. Лысан (обр. 1274).

Анализы лаборатории Красноярского геологического управления.

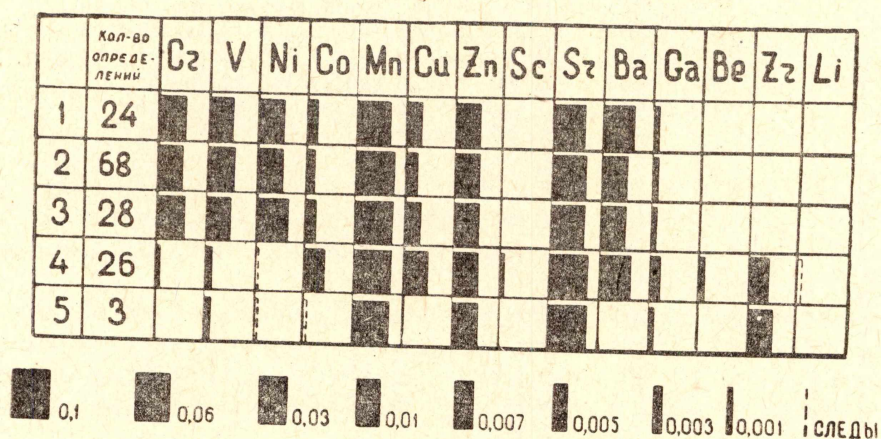


Рис. 6. Диаграмма средних содержаний различных элементов в метаморфических породах.
1 — эффузивы, 2 — сланцы за счет эффузивов, 3 — амфиболиты, 4 — габбро, 5 — габбро-амфиболиты.

Как видно из табл. 2 и рис. 5, габбро-амфиболиты в химическом отношении тяготеют к габбро, а не к эффузивам. Они в большей степени насыщены щелочами ($a=8,5-12$ против 5 — в амфиболитах), содержат несколько меньше магния.

Количество хрома, никеля, ванадия в них на один порядок ниже, чем в эффузивах и амфиболитах. Очень важно, что в габбро определены такие элементы, как скандий, бериллий, цирконий, литий, которые для амфиболитов и их субстрата-эффузивов совершенно не характерны.

Таким образом, изучение химизма пород убедительно подтверждает непосредственные полевые наблюдения о происхождении амфиболитов в зоне Шиндинско-Дербинского разлома за счет эффузивов, а не габброидов, как это считалось ранее.

Напомним, что Г. В. Пинус, В. А. Кузнецов и И. М. Волохов дают почти аналогичное объяснение генезиса амфиболитов, залегающих в зонах глубинных разломов Западного Саяна и Тувы [11].

На возможность превращения эффузивов в амфиболиты в других районах указывает Ф. Ю. Левинсон-Лессинг [10], Е. А. Кузнецов [9] и ряд других исследователей.

Используя имеющиеся результаты анализа пород, мы попытались учесть баланс вещества эффузивов и проследить перемещение его при метаморфизме. С этой целью ряд проб было пересчитано по кислородному методу и по результатам построена диаграмма (рис. 7). Чтобы исключить влияние контактового метаморфизма со стороны габбро-пироксенитовой интрузии анализы из приконтактной зоны в расчет не принимались.

Наблюдающиеся химические превращения увязываются с изменениями в минералогическом составе.

В процессе прогрессивного метаморфизма в зоне разлома, то есть по мере возрастания степени амфиболитизации эффузивов, увеличивается содержание в них магния, железа, при незначительном возрастании кальция и калия и одновременно уменьшается количество алюминия, натрия, титана, кремнезема.

В породах амфиболитовой фации амфибол образуется за счет феррической части эффузивов и анортитовой составляющей, которая в этих условиях оказывается неустойчивой. Часть плагиоклаза была связана в эпидот и цоизит. В процессе дезанортитизации альбит, по видимому, остается без изменения, чем и объясняется значительный процент его в породах эпидото-амфиболитовой фации.

Вследствие слабой активности базальтоидной магмы экзоконтакто-

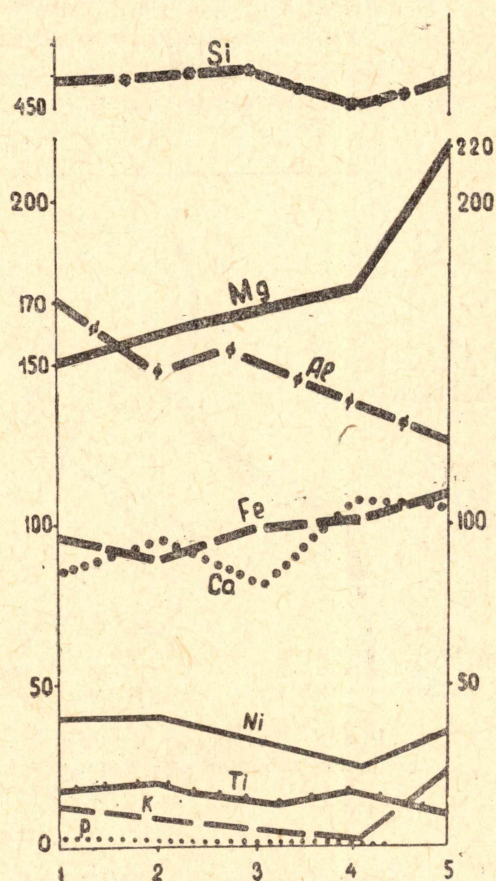


Рис. 7. Диаграмма изменения содержания компонентов в процессе метаморфизма. Объяснение с № 1 по 5 в табл. 2.

вые изменения эффузивов с их стороны выразились в развитии узкой реакционной оторочки хлоритита с ильменитом и карбонатом, реже — эпидотом, струй анортита. Образование этого комплекса минералов происходит при подвижном поведении кальция, натрия, калия, окисного железа, титана и инертности магния, закисного железа, кремнезема (рис. 8). Однако указанная миграция имеет незначительный размах и находится вне связи с процессом динамотермального метаморфизма, приводящего к преобразованию эффузивов в амфиболиты.

Особенно обращает на себя внимание высокая активность кальция, способствующая появлению мигматитов и анортитовых прожилков.

В то же время возникновение описанных рутилоносных роговообидных сланцев можно связывать лишь с постмагматической деятельностью базальтоидной магмы, в частности, со значительной миграцией натрия. Это явление хорошо объясняется с теоретических позиций

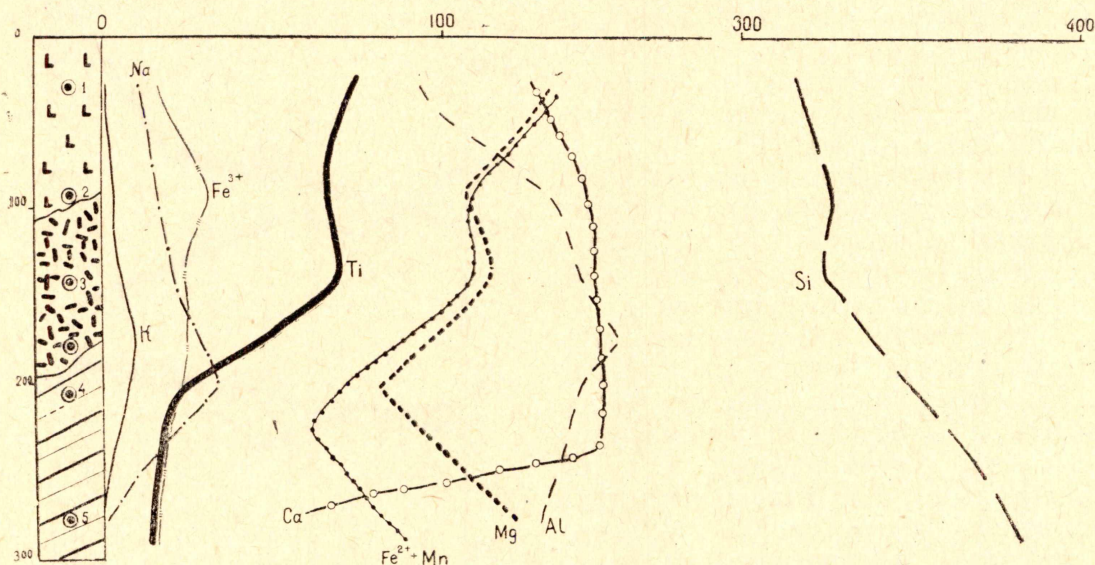


Рис. 8. Диаграмма изменения состава эффузивов при контактовом воздействии габброидной магмы. 1 и 2 — авгитовые пироксениты, 3 и 3а — габбро, 4 и 5 — эффузивы.

Д. С. Коржинского [8], который считает, что в зонах интенсивного метаморфизма возможны изменения не только отношения воды и углекислоты, но и повышенная подвижность щелочей.

По выражению Д. С. Коржинского, здесь нормальный метаморфизм переходит в метасоматический метаморфизм [8].

В нашем примере именно «метасоматический», а не региональный метаморфизм, как раз и обуславливает в отдельных благоприятных участках появление сине-зеленой роговой обманки за счет зеленого амфибола и концентрацию практически важных скоплений рутила. Локализации титана в рассматриваемой зоне при региональном метаморфизме не происходит. Наоборот наблюдается общее обеднение эффузивов титаном. Вслед за Н. Г. Вертушковым [1] возможно допустить лишь частичное и очень незначительное возрастание содержания титана в амфиболитах за счет высвобождения изоморфных примесей титана из силикатов, окислов и последующей связи в минералы простого химического состава. Некоторая доля титана может концентрироваться в новообразованном амфиболе, чему может способствовать [18] избыток магния и дефицит алюминия.

В заключение подчеркнем следующие основные положения:

1. В Шиндинско-Дербинской зоне наиболее метаморфизованные породы относятся к фации амфиболитов и характеризуются равновесной ассоциацией — роговая обманка-плагноклаз.

2. Породы разных ступеней метаморфизма распределяются вполне определенно. Наблюдается возрастание глубины метаморфизма с приближением к тектоническим нарушениям.

3. Породы, отвечающие фации зеленых сланцев, несомненно связаны с региональным метаморфизмом (в классическом его смысле), происходившем в условиях ранне-протерозойской геосинклинали В. Саяна.

Что же касается амфиболитов, то характер их изменения в пределах тектонической зоны нельзя относить ни к региональному, обычно охватывающему большие пространства, ни к контактовому, проявляющемуся в непосредственном контакте с интрузивной породой.

Вероятно, он соответствует метаморфизму зон расланцевания и глубинных разломов, недавно описанному В. А. Решитько для Кочконарского района Урала [12]. Много сходных черт обнаруживается при сопоставлении метаморфических пород, охарактеризованной полосы и Иртышской зоны смятия в рудном Алтае, а также образований зон глубинных разломов Западного Саяна и Тувы [11].

4. Амфиболиты в Шиндинско-Дербинской зоне разлома возникают, по-видимому, в результате так называемого локального динамотермального метаморфизма, причем субстратом для них являются эффузивы протерозоя.

По представлению Н. А. Елисеева метаморфизм этого типа проявляется в узких линейных зонах, где имеются благоприятные условия для интенсивного одностороннего давления и повышения температуры и где нередко обнаруживается «тесная связь между интенсивностью динамотермального метаморфизма и близостью к интрузивным телам» [4].

Перечисленные выше факторы можно почти полностью отнести к изучавшейся зоне. Однако базальтоидная магма в процессе интрузии не оказала существенного контактового влияния на регионально измененные эффузивы, если не считать проявления мигматизации. В то же время активная эпимагнетическая миграция из магматического очага щелочей, в частности натрия, в отдельных участках создает благоприятную среду для перекристаллизации амфиболитов и концентрации титана в форме рутила.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Н. Вертушков. Ильменито-магнетитовые руды из доломитовой жилы на Урале. Тр. Свердловского горн. института им. В. В. Вахрушева, в. XXVI, 1956.
2. О. М. Глазунов. Лысанский габбро-пироксенито-серпентинитовый комплекс в западной части В. Саяна. Геология и геофизика, № 3, 1961.
3. Г. М. Другова, М. Л. Лурье, С. В. Обручев. Докембрий Северо-Восточной Тувы. Труды лабор. геол. докембрия, в. 5, 1955.
4. Н. А. Елисеев. Метаморфизм. Изд. ЛГУ, 1959.
5. А. Н. Заварицкий. Некоторые основные вопросы геологии Урала. АН СССР, сер. геол., № 3, 1941.
6. Д. С. Коржинский. Подвижность и инертность компонентов при метасоматозе. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1936.
7. Д. С. Коржинский. Очерк метасоматических процессов. В книге: «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторожд.». Изд. II, Изд. АН СССР, 1955.
8. Д. С. Коржинский. Проблемы физико-химической теории петрологических процессов. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1962.
9. Е. А. Кузнецов. Тектоника Тагильского района. В книге: «Геология СССР», т. 12, ч. 1, 1944.
10. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. Петрография, 1940.

11. Г. В. Пинус, В. В. Кузнецов, И. М. Волохов. Гипербазиты Тувы. Изд. АН СССР, 1955.
 12. В. А. Решитько. Метаморфизм зон рассланцевания и глубинных разломов в районе Кочконарского габбро-перидотитового массива на Урале. Сов. геология, № 12, 1959.
 13. И. Г. Судовиков. Мигматиты, их генезис и методика изучения. Тр. лаборатории геологии докембрия, Изд. АН СССР, в. 5, 1955.
 14. Ф. Дж. Тернер. Эволюция метаморфических пород. Изд. ин. литер., 1951.
 15. Б. Е. Трегер. Таблицы для оптического определения породообразующих минералов. 1958.
 16. В. В. Хоментовский. К тектонике Вост. Саяна. Изв. АН СССР, сер. геол., № 7, 1957.
 17. К. А. Шуркин. К вопросу о классификации ультраосновных пород вообще и мигматитов в частности. Тр. лаб. геологии докембрия, АН СССР, 7, 1957.
 18. В. В. Щербина. О геохимических условиях выделения окисных соединений из силикатов. В книге: «Физико-химические проблемы формирования горных пород и руд», т. II, Изд. АН СССР, 1963.
-