

ПЕТРОГРАФИЯ

С. И. Баласанян

**Необычное поведение биотита в схеме кристаллизации
породообразующих минералов**

(Представлено С. С. Мкртчяном 10.III.1957)

Наши наблюдения над структурными взаимоотношениями породообразующих минералов позволили установить, что в третичных интрузивных породах Центральной Армении биотит обнаруживает необычное поведение, не укладывающееся в рамки реакционной схемы последовательности Боуэна (1).

Интрузивные породы Центральной Армении представлены почти всеми главнейшими типами глубинных пород, которые обладают некоторыми общими признаками, указывающими на единство магматического очага (2). Внедрение магмы из очага происходило в последовательности от основных к кислым и от последних к щелочным. Образование биотита имело место в течение всей эволюции магмы, он кристаллизовался во всех последовательно внедрившихся интрузивных породах.

Как известно, по реакционной схеме Боуэна биотит выделяется после амфиболов и до калиевого полевого шпата. Однако в большинстве последовательно формировавшихся членах третичного интрузивного комплекса Центральной Армении биотит проявил тенденцию образоваться на всем протяжении кристаллизации минералов прерывного ряда схемы Боуэна после ромбических пироксенов. Такое необычное поведение биотита весьма ярко выражено в гранитоидах, пользующихся наибольшим площадным распространением и характеризующихся большим содержанием биотита. В гранитоидах присутствуют три темноцветных минерала: пироксен, амфибол¹ и биотит. Увеличение количества биотита сопровождается уменьшением содержания амфибола. Это приводит к образованию пироксен-амфиболовой и пироксен-биотитовой разности. В последней разности моноклинный пироксен непосредственно замещается биотитом, минуя амфиболовую стадию (рис. 1). Нередко в одном и том же шлифе некоторая часть пироксена замещается биотитом, а другая — амфиболом. В таком случае логично предполагать одновременное выпадение биотита и амфибола после выделения пироксена. В одном и том же шлифе иногда одновременно встречаются следующие реакционные ряды: моноклинный пироксен → биотит; моно-

¹ Амфибол представлен обыкновенной роговой обманкой.

клинный пироксен → амфибол; моноклинный пироксен → амфибол → биотит. Из этих трех реакционных рядов видно, что биотит кристаллизовался совместно с амфиболом и после него. В некоторых биотит-амфиболовых разностях (биотит преобладает над амфиболом) биотит, включающий в себя разъеденные реликты моноклинного пироксена, замещается амфиболом. Очевидно, что биотит выделился раньше амфибола и энергично замещал моноклинный пироксен. Отмечаются также случаи, когда корродированный биотит включен в амфибол (рис. 2). Ясно, что и в этом случае биотит является более ранним выделением по отношению к амфиболу. Об этом свидетельствует также наличие незамещенных

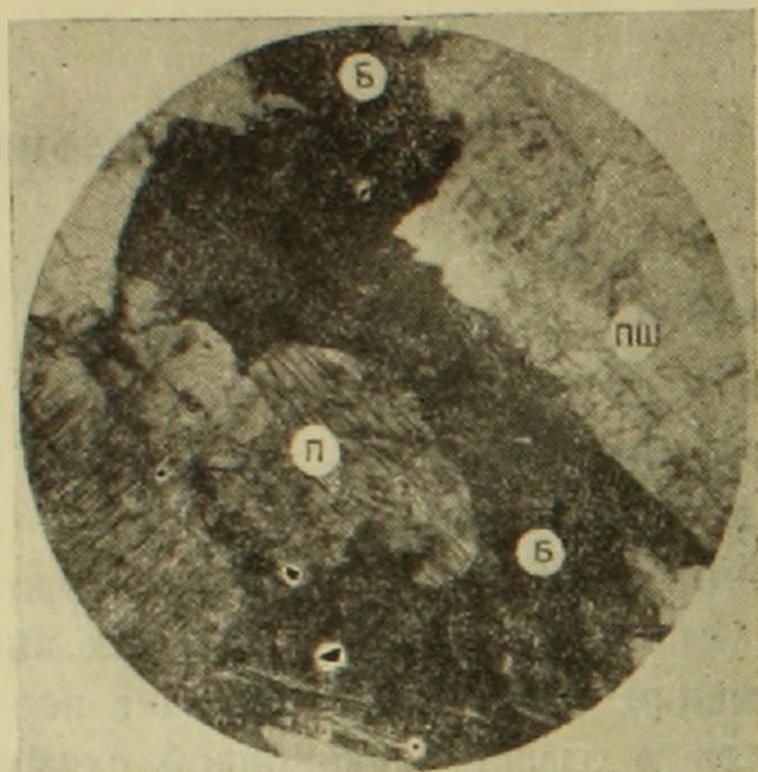


Рис. 1.

разъеденных реликтов биотита в амфиболе. В пироксен-амфибол-биотитовой разности наблюдается такой необычный реакционный ряд: моноклинный пироксен → биотит → амфибол. Это иллюстрируется на снимке (рис. 3), где пироксен замещается биотитом, а последний замещается в свою очередь амфиболом. Как видно из снимка, амфибол энергично замещает биотит по его трещинам спайности. В некоторых случаях биотит, замещая моноклинный пироксен, сам в свою очередь замещается амфиболом и биотитом более молодого поколения. Следовательно, биотит выделился до амфибола и частично совместно с ним. Было констатировано нахождение идиоморфного биотита внутри моноклинного пироксена, замещаемого биотитом поздней генерации. Иногда с таким ранним биотитом, располагающимся в пироксене, ассоциируются хорошо образованные кристаллы магнетита. В последних случаях мы имеем такой необычный реакционный ряд: биотит → моноклинный пироксен → биотит, т. е. кристаллизация биотита имела место как до выделения пироксена, так и после него.

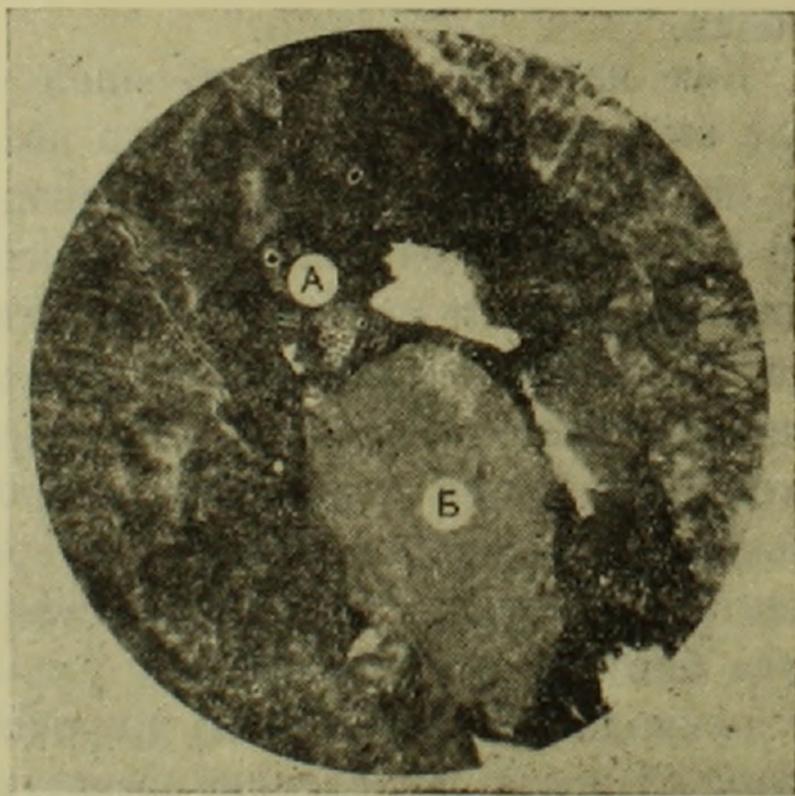


Рис. 2.

ся после моноклинного пироксена, поэтому на схеме между моноклинным пироксеном и амфиболом включен биотит, как особый случай.

О необычном поведении биотита отметил также А. И. Волженков⁽³⁾. Он, рассматривая реакционные взаимоотношения, сопровождающие кристаллизацию гранитной магмы, указал, что биотит может кристаллизоваться раньше плагиоклаза, позднее его, после калиевого полевого шпата и даже после первых выделений зерен кварца в гранитах, богатых кварцем. Это указание А. И. Волженкова нашими наблюдениями в основном подтверждается. Однако мы должны добавить к этому указанию то, что биотит может кристаллизоваться не только раньше плагиоклаза, но и раньше амфибола и моноклинного пироксена. По мнению А. И. Волженкова начальный момент кристаллизации биотита определяется повышенным содержанием железа и магния в магме. Однако такая трактовка не объясняет, почему в таком случае вместо биотита не образуется роговая обманка. Остается неясным также, по какой причине в нашем случае моноклинный пироксен непосредственно замещается биотитом, минуя амфиболовую стадию.

На наш взгляд, необычное поведение биотита можно объяснить повышенной концентрацией в магме не только железа и магния, но и калия, при обязательном ничтожном содержании натрия. Нехватка натрия и значительное содержание калия, железа и магния определяют более раннее выделение биотита. Такое предположение подкрепляется данными химических анализов⁽⁴⁾. В подавляющем большинстве случаев в интрузивных породах Центральной Армении калий преобладает над натрием. Кроме того, почти все породы сравнительно со средними типами Дэли отличаются повышенным значением числовой характеристики v ⁽⁴⁾. В тех разностях пород, в которых количество натрия было ничтожное, амфибол почти не образовался и потому моноклинный пироксен непосредственно замещался биотитом.

Вопрос о том, почему иногда биотит предшествует амфиболу (оба минерала присутствуют в породе одновременно), по нашему мнению, можно объяснить с точки зрения геоэнергетической теории. Установлено, что энергия кристаллической решетки минералов в известной мере определяет время и место их выделения из магмы. Энергия кристаллической решетки является функцией зарядов ионов и их радиусов. Для вычисления энергии кристаллической решетки сложных соединений Е. С. Ферсманом^(5,6) была выведена следующая формула:

$$U = 256,1 (aЭК_1 + vЭК_2 + cЭК_3 + \dots),$$

где U — энергия кристаллической решетки, 256,1 — коэффициент Капустинского, a, v, c — числа катионов и анионов в молекуле, $ЭК$ — энергетический коэффициент ионов. Порядок кристаллизации главных минералов протокристаллизации, т. е. оливин → пироксен → амфибол → биотит → калиевый полевой шпат → кварц, в основном совпадает с понижением энергии кристаллической решетки. Для важнейших ио-

нов, слагающих минералы протокристаллизации, можно написать следующий ряд в порядке уменьшения ЭК (6):

Ионы —	K	Na	Ca	Mg	Fe ^{II}	Fe ^{III}	Al	Si	[SiO ₄] ⁴⁻	[AlO ₄] ⁶⁻
ЭК —	0,36	0,45	1,75	2,10	2,12	5,15	4,95	8,60	2,75	4,0

Известно, что биотит является минералом, химический состав которого весьма непостоянен (2). Химические анализы показали следующие колебания его состава (в %): K₂O 6,18—11,43; MgO 0,28—28,34; FeO 2,74—27,60; Fe₂O₃ 0,13—20,65; Al₂O₃ 9,43—31,69; SiO₂ 32,83—44,94. Непостоянен также химический состав амфибола (роговой обманки), причем широко меняются отношения магния к двухвалентному железу и алюминия к трехвалентному железу (7).

Из вышеприведенных данных легко убедиться, что широкие колебания состава биотита и амфибола создают возможность такого количественного сочетания ионов в обоих минералах, которое может привести к увеличению энергии кристаллической решетки биотита по отношению к амфиболу. Предшествование биотита амфиболу (если оба они присутствуют в породе одновременно), вероятно, объясняется указанным сочетанием ионов — с одной стороны, преобладанием калия над натрием в магме — с другой. В данном случае сочетание должно выразиться в увеличении ионов высоких эк-ов (Al, Fe...) в биотите и наоборот — меньших эк-ов в амфиболе. Видимо, в кристаллической решетке биотита ранних стадий происходит также увеличение комплексного аниона [Al₂O₄]⁵⁻, так как его величина эк-а значительно высока по сравнению с комплексным анионом [SiO₄]⁴⁻. Можно предполагать, что энергия кристаллической решетки одновременно кристаллизующегося биотита различна и обусловлена теми же причинами.

Таким образом, необычное поведение биотита в схеме кристаллизации породообразующих минералов объясняется его переменным составом, химической природой магмы и ее развитием в конкретных геологических условиях во времени и пространстве.

Ереванский государственный университет
им. В. М. Молотова

Ս. Ի. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ

Բիոտիտի անսովոր վարքը ապար կազմող միներալների բյուրեղացման սխեմայում

Ապար կազմող միներալների ստրուկտուրային փոխհարաբերութիւնների ուսումնասիրութիւնը թույլ է տվել հաստատել, որ կենտրոնական չայաստանի երրորդական հասակի ինտրուզիվ ապարներում բիոտիտը ցուցաբերում է անսովոր վարք, որը չի կարելի տեղավորել Բոուենի սխեմայի շրջանակներում:

Կենտրոնական չայաստանի ինտրուզիվ ապարներն առաջացել են որոշակի հաջորդականութեամբ մի ընդհանուր մագմատիկ օջախից, ըստ որում բիոտիտի բյուրեղացումը կատարվել է մագմայի էվոլյուցիայի ամբողջ ընթացքում:

Ըստ Բոուենի սխեմայի բիոտիտը անջատվում է ամֆիբոլից հետո, բայց մինչև կալիումի դաշտային շպատի առաջացումը:

Սակայն ինտրուզիվ ապարների բազմաթիվ տարբերակներում բիոտիտի առաջացումը կատարվել է Բոուենի սխեմայի ընդհատ շարքի միներալների բյուրեղացման ամբողջ ժամանակաշրջանում ուժրային պիրոքսեններից հետո: Բիոտիտի այդպիսի անսովոր վարքը հատկապես ցայտուն արտահայտված է դրանիտոիդներում, որոնք բնութագրվում են բիոտիտի մեծ պարունակությամբ:

Ա. Ի. Վոլժենկովը բննարկելով ունակցիոն փոխհարաբերությունները դրանիտային ապարներում նշել է, որ բիոտիտը կարող է բյուրեղանալ պլազիոկլազից առաջ, նրանից հետո, կալիումի դաշտային շպատից հետո և անգամ կվարցի առաջին հատիկներից հետո:

Ա. Ի. Վոլժենկովը բիոտիտի սկզբնական բյուրեղացումը բացատրում է մագմայի մեջ երկաթի և մագնեզիումի մեծ պարունակությամբ: Սակայն այդպիսի մեկնարանությունը չի պատասխանում այն հարցին, թե ինչու այդ դեպքում բիոտիտի փոխարեն չի առաջանում հորնբլենդ:

Անհասկանալի է դառնում նաև թե ինչու մոնոկլինային պիրոքսենը անմիջականորեն տեղակալվում է բիոտիտով չանցնելով ամֆիբոլային էտապով:

Բիոտիտի անսովոր վարքը հեղինակը բացատրում է մագմայի մեջ ոչ միայն երկաթի և մագնեզիումի բարձր պարունակությամբ, այլ նաև կալիումի մեծ կոնցենտրացիայով և նատրիումի շնչին քանակությամբ:

Այսպիսի ենթադրությունը հաստատվում է նաև ապարների քիմիական անալիզի տվյալներով:

Այն հարցը թե ինչու երբեմն բիոտիտը բյուրեղանում է ամֆիբոլից առաջ (երբ 2 միներալներն էլ միաժամանակ զոնվում են ապարում), կարելի է բացատրել գեոէներգետիկ թեորիայի տեսակետից: Որովհետև բիոտիտը և ամֆիբոլը հանդիսանում են փոփոխական կազմի միներալներ, այդ պատճառով նրանց մեջ հնարավոր է իոնների այնպիսի դուզակցություն, որ կարող է տանել դեպի բիոտիտի բյուրեղագիտական ցանցի էներգիայի մեծացումը ամֆիբոլի նկատմամբ: Պարզ է, որ այս դեպքում բիոտիտը պետք է անջատվի մինչ ամֆիբոլի բյուրեղացումը:

Եստ հավանական է, որ սկզբնական ստադիայի բիոտիտի բյուրեղագիտական ցանցում աեղի է ունենում $[AlO_4]^{5-}$ կոմպլեքսային անիոնի մեծացում, որովհետև նրա էներգետիկ գործակիցը զգալի մեծ է $[SiO_4]^{4-}$ կոմպլեքսային անիոնի նկատմամբ:

ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ Н. Л. Боуэн, Эволюция изверженных пород. Горн-геол.-нефт. изд-о, 1934.
² В. Н. Котляр, Памбакский комплекс щелочных пород. Изв. АН СССР, Сер. геол. № 2, 1945.;³ А. И. Волженков, Реакционные взаимоотношения, сопровождающие кристаллизацию гранитной магмы. Тр. ИГН АН СССР, вып. 21, 1940. ⁴ С. И. Баласанян, К генезису интрузивных пород Памбакского и Геджалинского хребтов. Изв. АН Арм. ССР, № 3, 1955. ⁵ Ферсман, Геохимия, т. 1—III, Онти, 1933, 1934, 1937. ⁶ А. А. Сауков, Геохимия, Госгеолиздат, 1950. ⁷ А. Г. Бетехтин, Курс минералогии. Гос. изд. геол. лит-ы, 1951.