

5. Сатиан М. А., Яшвили Л. П. О проявлении марганцевых руд в породах кремнисто-вулканогенной формации Севанского хребта—ДАН АрмССР, 1976, т. XII, № 2, с. 119—121.
6. Сатиан М. А. Офиолитовые прогибы Мезотетиса. Ереван: Изд. АН АрмССР. 1984, с. 195.
7. Страхов Н. М. Проблемы геохимии современного океанического литогенеза. М.: Наука, 1976, с. 299.
8. Barrett T. The Pb isotopic composition of Jurassic cherts overlying ophiolites in the North Apennines, Italy. „Earth and Planetary science Letters“, 49, 1980, p. p. 193—204.
9. Bonatti E. Metallogenesis at oceanic spreading centers. „Annual review of Earth and Planetary sciences“, vol. 3, 1975, p. p. 401—430.
10. Fleet A. J., Robertson A. A. F. Ocean-ridge metalliferous and pelagic sediments of the Samail Nappe, Oman. „J. geol. Soc. London“, v. 137, 1980, p. p. 403—422.
11. Parrot J—F., Delaune-Mayer M. Les terres d'ombre du Bassit (Nord-Quest Syrien)—comparaison avec les terres similaires du Troodos (Chypre). Cah. ORSTOM, ser. Geol., vol. VI, № 2, 1974, p. p. 147—160.
12. Robertson A. H. F., Fleet A. J. The origin of rare earths in metalliferous sediments of the Troodos massif, Cyprus. „Earth and Planetary Sciences Letters“ v. 28, 1976, p. p. 385—394.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 5, 32—38, 1985.
УДК:552.32(479.25)

Р. Л. МЕЛКОНЯН, М. С. АКОПЯН, Б. П. РОМАНЧЕВ

О ПРОИСХОЖДЕНИИ ТРОНДЪЕМИТОВ КОХБ-ШНОХСКОГО МАССИВА

В пределах раннемелового Кохб-Шнохского массива обнажаются дайкообразные и неправильной формы тела трондjemитов, которые по особенностям химизма и минерального сложения резко отличаются от пород различных фаз массива и не укладываются в общий тренд их формирования.

На основании результатов их кислородно-изотопного исследования и изучения расплавных включений установлены четкие различия между трондjemитами и породами различных фаз массива, свидетельствующие о различиях в составах исходных магматических расплавов. Температура исходного расплава трондjemитов в глубинном магматическом очаге, находящемся в верхней мантии, составляла ~1400°С. Установлены две стадии кристаллизации расплава—первый на уровне «базальтового» слоя коры, второй—«гранитно-метаморфического», причем второй этап кристаллизации сопровождался ассимиляцией кислого материала.

Проблема происхождения трондjemитов, плагиогранитов и других близких по составу пород является одной из актуальных в современной петрологии. В настоящее время имеется обширная литература, в частности, суммированная в специальном сборнике [8], в котором приведены сведения, характеризующие их геологическую позицию, химизм, минеральный состав, геохимические особенности. На основании этих данных, а также результатов экспериментальных исследований разработаны различные модели их формирования [4, 7, 8 и др.]. При этом, подавляющее большинство исследований проведено на древнейших-докембрийских комплексах, в то время как данные для более молодых мезо-кайнозойских образований единичны. Следует также отметить, что представления о термобарических условиях их формирования основываются, как правило, на результатах экспериментальных работ, поскольку на трондjemитах и плагиогранитах исследования с использованием методов термометрии включений в минералах, равно как и изотопно-термометрические исследования, насколько нам известно, ранее не проводились. В этом аспекте результаты петрографо-ми-

нералогического и кислородно-изотопного изучения трондьемитов Кохб-Шнохского интрузива, на основе которых рассмотрены вопросы их происхождения, представляют определенный интерес.

Кохб-Шнохский массив размещен в северо-западной части Сомхето-Кафанской палеоостроводужной постройки, в пределах Алавердского антиклинория. Резко преобладающая часть массива сложена биотит-роговообманковыми кварцевыми диоритами и тоналитами (I фаза), в контактовых частях широко развиты пегматиты, аплиты, реже гранит-порфиры (II фаза), а также штокообразные близповерхностные тела лейкократовых гранитов (III фаза). Радиологический возраст указанных пород, согласно результатам К—Аг датировки, колеблется в интервале 130—145 млн. лет, и хорошо согласуется с известными геологическими данными [1 и др.]. Кварцевые диориты и тоналиты западной эндоконтактовой части массива пересекаются дайками и неправильной формы телами трондьемитов, плагиоклазитов, плагиогранитов. Радиологический возраст этих пород, ввиду низких содержаний калия, калий-аргоновой датировке не поддается. Выходы их, как правило, контролируются зонами разломов северо-восточного (вдоль рч. Дуканадзор—левый приток р. Шнох), реже—близширотного (юго-восточнее сел. Техут—вдоль русла р. Шнох) простирания. Это серые, беловато-серые, мелко-среднезернистые, обычно резко порфировидные, лейкократовые породы. Первичные минералы, слагающие 96—99% объема пород, — плагиоклаз (56—63%) и кварц (37—43%); в плагиоклазитах количество кварца резко уменьшается (до 1%). Акцессорные минералы — сфен, рутил, ильменит, циркон, апатит, лейкоксен, магнетит и др. Структура — порфировидная, с паналлотриоморфно-зернистой структурой основной массы. Порфировидные интрателлурические выделения плагиоклаза представлены крупными (до 1—1.5 см) обычно зональными (№ 40—18) зернами, центральные части которых (№ 40—30) корродируются более кислыми зонами (№ 27—18), относящимися к поздним стадиям кристаллизации. Наличие плагиоклазов различных генераций, отличающихся по своему составу, явно указывает на изменение физико-химического равновесия в магматической системе, в период предшествовавший внедрению трондьемитов в верхние структурные этажи земной коры.

По особенностям минерального состава рассматриваемые породы резко отличаются от пород различных фаз Кохб-Шнохского массива (табл. 1).

Таблица 1

Количественно-минеральный состав пород Кохб-Шнохского массива (об. %)

П о р о д а	Пл	Ор	Кв	Ро	Би	Хл	Мт	Ац
Кварцевый диорит	45.4	3.0	24.4	7.1	7.3	4.1	5.1	3.6
Гранит-порфир	19.1	33.9	42.1	—	4.4	—	0.4	0.1
Лейкогранит	15.7	42.9	40.5	—	0.4	—	0.5	—
Трондьемит	61.4	—	38.1	—	—	—	0.3	0.2

Пл—плагиоклаз, Ор—ортоклаз, Кв—кварц, Ро—роговая обманка, Би—биотит, Хл—хлорит, Мт—магнетит, Ац—акцессории.

В ряду пород кварцевый диорит—гранит-порфир—лейкогранит происходит закономерное увеличение содержаний кремнекислоты и щелочей, в то время как химический состав трондьемитов не укладывается в указанный тренд формирования и характеризуется отчетливой спецификой химизма (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав пород Кохб-Шнохского массива

Порода	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Σ
Кварцевый диорит	61.82	0.70	15.54	4.85	3.43	0.09	2.29	5.33	3.90	1.80	0.76
Гранит-порфир	74.59	0.14	13.00	1.46	1.04	0.02	0.41	0.91	3.70	4.20	0.30
Лейкогранит	76.32	0.11	13.41	0.45	0.72	сл.	0.26	0.61	4.10	4.70	0.26
Трондьемит	66.00	0.29	18.30	2.14	1.53	0.01	0.48	6.00	5.80	0.33	—

Это прежде всего максимально высокие содержания алюминия и кальция и резкий дефицит калия, по сравнению с кварцевыми диоритами, гранит-порфирами и лейкогранитами. Кроме того, породы различных фаз Кохб-Шнохского массива относятся к известково-щелочной серии, в то время как фигуративные точки трондьемитов, как и плагиогранитов среднеюрской плагиогранитной формации, ложатся в поле пород толеитовой серии.

Для установления генезиса трондьемитов и выявления физико-химических параметров формирования всей ассоциации пород Кохб-Шнохского массива нами проведен комплекс исследований с использованием методов кислородно-изотопной геохимии и термометрии включений в минералах.

Ранее проведенные геолого-петрографические, минералогическо-геохимические и кислородно-изотопные исследования пород массива [1, 5, 6 и др.] позволили установить базитовый состав исходного расплава и существенную роль в формировании пород ряда кварцевый диорит—лейкогранит, процессов ассимиляции кислого материала в пределах «гранитно-метаморфического» слоя коры. Закономерное изменение кислородно-изотопного состава пород и минералов (табл. 3), как и их химизма (см. табл. 2), от ранних фаз к поздним резко нарушается при переходе к трондьемитам, что свидетельствует об отсутствии связи между процессами формирования трондьемитов и пород различных фаз массива.

Таблица 3

Изотопный состав кислорода пород и минералов Кохбского массива ($\delta^{18}O$, ‰)

Типы пород	Порода	Кв	Пл	Мт
Кварцевый диорит	+7.1	+6.8	+8.2	-1.7
Гранит-порфир	+8.1	+7.2	—	-1.5
Лейкогранит	+8.5	+7.5	+8.8	-1.0
Трондьемит	+6.8	+7.0	+5.6; +6.8	+4.1

Кроме того, наличие в интрателлурических выделениях плагиоклаза трондьемитов изотопной записи, характерной для мантийных пород (+5,6‰) и в то же время отсутствие таковой в породах всех фаз Кохб-Шнохского массива, в том числе наиболее ранних, не позволяет считать трондьемиты производными одного очага, по меньшей мере, начиная с момента становления кварцевых диоритов. Однако, эти данные не исключают возможности генетической связи между рассматриваемыми породами на более ранних этапах эволюции исходного базитового расплава. Для оценки этой возможности рассмотрим результаты кислородно-изотопных и термометрических исследований в расплавных включениях.

Ранее нами отмечалось [1], что температура кристаллизации трондъемитов, оцененная кислородно-изотопными геотермометрами (плагноклаз-магнетит, кварц-магнетит) превышает 1000°C; согласно расчетам она составляет ~1400°C. Эта температура значительно превышает близки ликвидусные температуры, установленные по термометрии включений расплавов для интрателлурических выделений плагноклаза—1130—1140°C (табл. 4).

Таблица 4

Температура формирования пород Кохб-Шнохского массива по данным гомогенизации включений в минералах

П о р о д ы	Минерал	$t_{ли.} \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_{гом.} \text{ } ^\circ\text{C}$
Кварцевый диорит	Кв	580	910—930
Аплит	Кв	550	860—890
Лейкогранит	Кв	500	760—780
Трондъемит	Пл—I	700	1130—1140
	Пл—II	550	930—940
	Кв	550	940—950

В то же время она несет в себе определенную информацию о температурной эволюции расплава, поскольку минералы изотопно равновесны [1]. Эта температура, по всей вероятности, характеризует начальную температуру магматического расплава, сохранение изотопной записи которой можно объяснить быстрым его охлаждением до температуры кристаллизации интрателлурического плагноклаза (1130—1140°C). Значительное изменение температуры ликвидуса (~250°C) при сохранении изотопной записи 1400°C можно объяснить лишь изменением внешнего давления, т. е. подъемом расплава, поскольку изотопное фракционирование не зависит от давления [8], в то время как изменение химического состава расплава привело бы к изотопным сдвигам. Кроме того быстрый подъем расплава и быстрое его охлаждение может обеспечиваться наличием соответствующих тектонических структур и небольшими объемами перемещаемого расплава, что мы и имеем в реальной геологической ситуации (приуроченность трондъемитов к зонам разломов, небольшие размеры тел, резко порфировидная структура пород и т. д.). В пользу быстрого подъема и охлаждения расплава свидетельствует новое резкое изменение температуры ликвидуса (от 1130—1140°C) при сохранении интрателлурических выделений плагноклаза.

Исходя из зависимости температуры ликвидуса расплава от давления, можно оценить глубину магматического очага и соответственно примерные глубины начала кристаллизации плагноклазов различных генераций. Согласно расчетам магматический очаг, для которого зафиксирована температура 1400°C, находился в верхней мантии на глубине порядка 100 км¹.

Первый этап кристаллизации (выделение интрателлурического плагноклаза), с учетом мощности земной коры рассматриваемого региона—40—43 км, происходил в нижней части «базальтового» слоя коры, в то время как кристаллизация плагноклаза поздних генераций началась в «гранитно-метаморфическом» слое коры. С расчетными глубинами различных стадий кристаллизации согласуется и специфич-

¹ Полученные значения хорошо согласуются с данными И. Иодера и К. Тилли о повышении температуры выплавления базальта с глубиной, которая на уровне 95 км достигает величины 1440°C [3].

ка состава минералов-узников. Исследование фазового состава включений в минералах позволило установить, что набор некоторых характерных минералов-узников в интрателлурическом плагиоклазе-пироксен, биотит, не характерен для минерального сложения трондjemитов и может рассматриваться в качестве ксеногенных компонентов, захваченных при перемещении исходного расплава через «базальтовый» слой коры. В то же время минералы-узники расплавных включений плагиоклаза поздних генераций имеют лейкократовый состав, отличаются от таковых интрателлурического плагиоклаза и аналогичны минералам-узникам в расплавных включениях минералов из пород различных фаз Кохб-Шнохского массива. Отметим, что для этих пород, как и для плагиоклазов поздних генераций трондjemитов, установлена контаминация кислым материалом в пределах «гранитно-метаморфического» слоя.

Рассмотрим возможность генетической связи трондjemитов и пород различных фаз Кохб-Шнохского массива на уровне глубинного магматического очага. При наличии генетической связи между ними изотопные составы кварца и магнетита трондjemитов и кварцевых диоритов должны соответствовать распределению между высокотемпературными и низкотемпературными производными единого очага, т. е. в кварцевых диоритах кварц должен иметь более тяжелый, а магнетит — легкий кислородно-изотопный состав по сравнению с аналогичными минералами в трондjemитах. В действительности же такое соотношение отмечается лишь для магнетитов, в то время как для кварца наблюдается обратная картина (см. табл. 3). Это обстоятельство позволяет считать породы различных фаз Кохб-Шнохского массива и трондjemиты производными различных магматических очагов.

Обсуждение геологических, петрографо-минералогических и кислородно-изотопных данных позволяет наметить механизм становления трондjemитов. Из верхнемантийного магматического очага расплав с температурой 1400°C , близкий по составу к анортозитам, вдоль тектонического нарушения был выжат в верхние части земной коры. При прохождении через подошву «базальтового» слоя началась кристаллизация интрателлурического плагиоклаза ($T=1130-1140^{\circ}\text{C}$), спровоцированная, по-видимому, диспергированными частицами минералов, захваченных в «базальтовом» слое коры. Дальнейший подъем и вторая стадия кристаллизации происходила в «гранитно-метаморфическом» слое коры, при температуре $930-940^{\circ}\text{C}$, и сопровождалась ассимиляцией кислого материала. Кристаллизация расплава завершилась на более высоких уровнях при температуре 550°C .

Приуроченность трондjemитов в основном к тектоническим нарушениям северо-восточного простирания и значительная глубина магматического очага приводят к мысли о возможной активизации, по-видимому, в среднемеловое время древних, глубинных северо-восточных структур, характерных для Сомхето-Карабахской зоны.

Բ. Լ. ՄԵԼՔՈՆՅԱՆ, Մ. Ս. ՀԱԿՈՐՅԱՆ, Ի. Պ. ՌՈՄԱՆՉԵՎ

ԿՈՂՐ-ՇՆՈՂԻ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՏՐՈՆԴԵՄԻՏՆԵՐԻ ԾԱԳՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Վաղ կավճի հասակի Կողր-Շնողի զանգվածների սահմաններում մերկանում են դաշկանման և անկանոն ձևեր ունեցող տրոնդյեմիտների մարմիններ:

Միներալային կառուցվածքի (աղյուսակ 1) և քիմիական կազմի (աղյուսակ 2) յուրահատկություններով նրանք կտրուկ կերպով տարբերվում են ներթափքուկի տարբեր փուլերի ապարներից և չեն համապատասխանում նրանց առաջացման համընդհանուր ուղղվածությունը:

Թթվածնա-իզոտոպային հետազոտությունների արդյունքների, ինչպես նաև հալոցքային ներփակումների ուսումնասիրման հիման վրա հաստատված են տրոնդյեմիտների և զանգվածի տարբեր փուլերի ապարների միջև եղած պարզորոշ տարբերությունները, որոնք վկայում են նախնական մագմատիկ հալոցքների կազմերի տարբերության մասին: Վերին պատյանում տեղադրված խորքային մագմատիկ օջախում տրոնդյեմիտների նախնական հալոցքի ջերմաստիճանը եղել է մոտ 1400°C : Հալոցքի բյուրեղացման երկու փուլ է սահմանված, որոնցից առաջինը գտնվում է երկրակեղևի «բազալտային» շերտի մակարդակի վրա, իսկ երկրորդը՝ «գրանիտ-մետամորֆայինի», ըստ որում բյուրեղացման երկրորդ փուլն ուղեկցվել է հալոցքի կողմից թթու կազմ ունեցող նյութի յուրացմամբ:

R. L. MELKONIAN, M. S. HAKOPIAN, B. P. ROMANCHEV

ON THE ORIGIN OF KOGHB-SHENOGH MASSIF TRONDHJEMITES

A b s t r a c t

Dike-shaped and irregular bodies of trondhjemites are exposed within the limits of the Early Cretaceous Koghb-Shenogh massif. By peculiarities of their mineralogical (table 1) and chemical (table 2) composition the trondhjemites differ from the intrusion various phases rocks and have their own trend of evolution.

On the basis of oxygen-isotopical and melt inclusions investigations clear differences between both trondhjemites and other phases rocks are established indicative of distinctions between the compositions of initial magmatic melts. The temperature of trondhjemites initial melt disposed in the upper mantle abyssal magmatic chamber, approximately makes 1400°C . Two stages of melt crystallization are established: the first one is connected with the „basaltic“ layer of the Earth's crust and the second one is on the level of the „granitic-metamorphic“ layer, the second stage being accompanied by an assimilation of some acidic substance.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян М. С., Мелконян Р. Л. К петрологии интрузивных комплексов Алавердского рудного района в свете изотопно-кислородных данных.—«Геохимия», 1981, № 6.
2. Асланян А. Т. Стратиграфия юрских отложений Северной Армении. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1949.
3. Иодер И., Тилли К. Происхождение базальтовой магмы. М., «Мир», 1965.

4. Лобач-Жученко С. Б. Тоналит-плагиогранитные серии архея Карелии: геологические типы и петрогенезис. В кн. «Петрология», секц. С 09, докл., т. 9 М., «Наука», 1984.
5. Мелконян Р. Л. Петрология, минералогия и геохимия интрузивных комплексов Алавердского рудного района. В кн. «Петрология и геохимия интрузивных комплексов некоторых рудных районов Армянской ССР». Изд. АН АрмССР. 1976.
6. Мелконян Р. Л., Романчев Б. П. Условия формирования некоторых габбро-гранитондных формаций Армении. «Геохимия», № 6, 1985, с. 808—820.
7. Сайз У. Б. Полигенные трондjemиты. В кн. «Петрология», секц. С 09, докл., т. 9. М., «Наука», 1984.
8. Трондjemиты, дациты и связанные с ними породы. М., «Мир», 1983, с. 488.
9. Clalton R. N., Goldsmith et al. Limits on the effect of pressure on isotopic fractionation. *Geochem. et cosmochim. Acta*, vol. 39, № 8, 1975.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 5, 38—44, 1985.

УДК:553.53:552.313

К. И. КАРАПЕТЯН

ОБ ИГНИМБРИТОВОЙ ПРИРОДЕ АРТИК-ТУФА («ТУФОЛАВЫ АРТИКСКОГО ТИПА»)

В статье приводятся геологические данные, на основании которых делается вывод об игнимбритовом, а не лавовом происхождении «туфолав арктического типа».

Игнимбриты и туфолавы продолжают вызывать повышенный интерес, определяемый неясностью, даже загадочностью целого круга вопросов, связанных с их образованием. Касается это в первую очередь туфолав (игниспумиты, пенистые потоки и т. п.) и, конечно же, четвертичных туфолав территории Армянской ССР, нахождение и определение которых этим термином Г. Абихом [1] фактически положило начало проблеме вулканических пород, обладающих признаками как лав, так и игнимбритов.

Ныне¹ к породам этого разряда относят широко известные, так называемые, «туфолавы арктического типа» или «артик-туф», залегающие на ЮВ, Ю, ЮЗ, З и СЗ склонах массива г. Арагац и, частично, выходящие за его пределы. Находятся они в тесной ассоциации с типичными игнимбритами, имеют дацитовый и андезитово-дацитовый состав и образуют потоки и покровы протяженностью до 20 км и мощностью до 20—25 м. Это розовая, сиреневая с многими оттенками, красноватая, пепельно-серая, темно-серая, даже черно-серая, обычно мягкая порода, включающая шлаковые, пемзовые и шлаково-пемзовые фьямме, обломки инородных пород, фенокристаллы и обломки плагиоклаза, гиперстена, клинопироксена и, изредка, роговой обманки. Матрица лишена обломочной структуры и имеет стекловатое, нередко тонкополосчатое, флюидальное строение, местами содержит редкие микролиты плагиоклаза и бывает пористой.

Именно такие, «лавовые» структуры матрицы, которой в принципе артик-туф отличается от классических игнимбритов, являются главным доводом его лавового происхождения [14, 12, 13, 11, 16, 17, 2, 3, 5, 19—22 и др.]; кроме этого ссылаются также на наклонную, по ходу

¹ Г. Абих [1]. П. И. Лебедев [12, 13] и, вначале, А. А. Адамян [2] относили к туфолavam и так называемые «пламенные туфы». Исследования А. Н. Заварицкого, К. Г. Шириняна и др. не оставляют сомнения в том, что эти образования являются типичными игнимбритами.