

УДК 55.550.42

**ПОСТМАГМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ  
ЭНДОГЕННЫХ БОРАТОВ****Н.И.БАБАЕВ***Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия  
nibabayev@yandex.ru*

*Только всесторонний анализ геохимической изученности борных соединений в процессах развития Земной Коры может привести к пониманию условий образования и закономерностей размещения месторождений бора.*

*В статье рассмотрена интенсивность гипергенных изменений эндогенных боратов в Азербайджане и постмагматические преобразования боросиликатов, а также бороалюмосиликатов с учетом региональных и локальных факторов, роль которых нельзя не учитывать при геохимических исследованиях. В виде таблиц приведены данные о содержании бора в серпентинитах Малого Кавказа и интрузивных комплексах Дашкесанского района с целью сравнения содержаний бора в коренных и измененных породах.*

**Ключевые слова:** борат, постмагматические преобразования, Малый Кавказ

Гипергенным преобразованиям подвергаются все минеральные типы боратного оруденения. Неустойчивы в зоне гипергенеза и многие эндогенные минералы бора, чему способствует его высокая миграционная способность, легко образующего растворимые соединения. Но известны также некоторые боросиликаты и бороалюмосиликаты (датолит, данбурит, турмалин) почти не испытывающие гипергенных изменений и сохраняются в аллювии на значительном удалении от их коренных обнажений. Ярким примером тому датолит  $[\text{CaBSiO}_4(\text{OH})]$ , обнаруженный академиком М.А.Кашкай и его сотрудниками на низовьях реки Тутгун в Кельбаджарском районе в контактах гранитоидов с песчано-карбонатными породами палеогена. Аналогический случай наблюдается и в подножьях горы Айридаг Кедабекского района, где турмалин  $[\text{H}_8\text{Na}_2(\text{Mg,Fe})_6\text{B}_6\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{62}]$  обнаружен нами далеко от своего скального обнажения без каких-нибудь изменений.

Людвицит  $[(\text{Mg,Fe})_2\text{Fe}(\text{BO}_3)_2]$  был обнаружен геологами Кавказской Комплексной геологической экспедицией в Дашкесанском железнорудном месторождении, где он был частично замещен лимонитом, об-

разовавшим по нему псевдоморфозу. Схожие изменения были обнаружены и в серпентинитах урочища Тенгиалты Губинского района республики, где наблюдалась обратная картина: кремний был изоморфно замещен бором. Это еще одно доказательство того, что хотя бор и элемент третьей группы периодической системы, он обнаруживает значительные сходства с кремнием – элементом четвертой группы. По всей видимости, интенсивность гипергенных изменений эндогенных боратов, боросиликатов и бороалюмосиликатов зависит от региональных и локальных факторов, роль которых нельзя не учитывать при изучении геохимических особенностей самого бора.

Не случайно мнение о том, что только всесторонний анализ геохимической изученности борных соединений в процессах развития Земной коры может привести к пониманию условий образования и закономерностей размещения борных месторождений.

Определяющими физико-химическими факторами при формировании борных оруденений, кроме чисто геологических, являются температура, рН, окислительно-восстановительные условия, режимы углекислоты и серы, наличие петрогенно-активных элементов и др. конкретной геологической среды.

Нам представляется, что концентрация химических элементов и особенности их распределения в терригенных отложениях служит одним из основных показателей характеристики седиментационных явлений.

Данные о преобразованиях в поведении борсодержащих минералов в экзогенном процессе немногочисленны. Отчетливо проявленные процессы экзогенной специализации некоторых борсодержащих руд наиболее характерны для регионов с континентальным климатом.

Геологические условия западной части Нахичеванской АР очень схожи с таковыми, известных крупных месторождений бора Турции. При посещении некоторых из них (месторождения Султан-Чеир, Кестелик, Сарыкая, Кючиклер и др.), автор этих строк убедился, что вмещающие борные минералы (улексит, пандермит, колеманит) горные породы идентичны с таковыми депрессионных впадин Нахичевани, где превалирует вулканогенные осадочные комплексы.

Эндогенный и метаморфический типы концентрации борных соединений в промышленно-интересных масштабах известны, в основном, в скарновых датолитосодержащих образованиях.

Высокие содержания бора в серпентинитах приводят к мысли, что он является типоморфным элементом для этой группы ультраосновных магматических пород. Об этом свидетельствуют результаты спектрального анализа различных серпентинизированных пород приводимые в таблице 1.

**Содержание бора в серпентинитах Азербайджана**

Место отбора проб	Количество анализов	Содержание В, г/т
Джомардские и Левские массивы Кельбеджар (андезиты, базальты, трахибазальты)	8	29-240 (205)
Лачын (дунитовые серпентиниты)	7	94-176 (124)
Среднее и верхнее течения р.Тергер (смешанные породы офиолитовой ассоциации – гипербазиты, габброиды)	12	109-695 (181)
Среднее	9	29-695 (170)

Сравнительно высокие концентрации бора в серпентинитах являются характерным свойством рассматриваемых выше геологических комплексов, независимо от их структурно-тектонического положения. Такое положение не может быть случайным и объяснимо только условиями образования серпентинитов. Так как формирование серпентинитов неотделимо от условий кристаллизации и дифференциации глубинных бесполевошпатовых ультраосновных пород и происходит, в основном, в условиях закрытой системы, следует признать, что содержание бора в них связано с уровнем его концентрации в исходной ультраосновной магме.

Надо отметить, что до недавнего времени среди исследователей геохимических особенностей бора, бытовала мысль о том, что этот элемент не характерен для ультраосновных и основных пород, а больше тяготеет к кислым и ультракислым породам. Такое поведение бора разъяснялось вхождением его в изоморфной связи с атомами кремния и отчасти алюминия, предположение не выдерживающее никакой критики.

Результаты последних исследований вынуждают отказаться от представлений о необычности бора для гипербазитов и признать процессы кристаллизации и дегазации вещества астеносферы важнейшим механизмом миграции бора в верхние зоны Земной коры.

Как было отмечено выше турмалин с мелкочешуйчатыми агрегатами мусковитоподобного серицита в виде бесформенных пятен, обнаружен в глубоком северо-западном эндоконтакте плагиигранитовой интрузии Славянки в Кедабекском районе (Ситковский И.Н., 1938г.). Наиболее значительные площади турмалиновых вторичных кварцитов находятся на г. Айридаг Кедабекского района. Турмалинизации здесь подвержены сложные серии вторичных кварцитов, образованные в результате гидротермального метасоматоза среднеюрских эффузивов.

Данная площадь, пожалуй, является наиболее изученной и представляет типичные гидротермальные образования.

Количество турмалина (шерла) в этих кварцитах нередко достигает 70-80%, что побудило Азербайджанское Геологическое Управление в 1959 г. произвести здесь поисково-разведочные работы на бор. Ознакомление с результатами этих работ выявило ряд редковстречающихся явле-

ний, связанных со сложной природой формирования как самих вторичных кварцитов, так и содержащегося в них шерлового турмалина.

Вторичные кварциты г.Айридаг, как отмечалось выше, представляют собой продукты гидротермального метасоматоза исходных вулканогенных кислых и средних по составу пород средней юры, и частично порфиroidных плагиогранитов предбатского возраста.

Средняя юра представлена нижней вулканогенной (средний и нижний байос) толщей. Над ней с небольшим угловым несогласием залегают покровные кварцевые порфиры верхнего байоса. Весь этот комплекс средней юры в районе г. Айридаг интродуцирован плагиогранитами.

Указанные юрские эффузивы, состоящие из различных профиритов и их пирокласитов, наряду с кварцевыми порфирами в пределах г. Айридаг, в различной степени окварцованы, серитицизированы, хлоритизированы, эпидотизированы, турмалинизированы и каолинитизированы с образованием сложной серии вторичных кварцитов.

Формирование последних протекало в генетической связи с эндогенной минерализацией, обусловленной предбатскими двухратными магматическими циклами. Одним из источников этих циклов явилась кислая магма, давшая многократные излияния покровов кварцевых порфиров, пользующихся широким развитием в Кедабекском районе. Завершающим этапом деятельности этой магмы явилось внедрение рудопродуцирующих субвулканических кварцевых профиров верхнего байоса, с которыми связаны промышленные медно- и серноколчеданные руды не только Кедабека, но и многих областей Малого Кавказа, что обстоятельно доказал М.А.Кашкай.

Исследования о минеральных ассоциациях и метасоматическом характере накопления турмалина с калломорфными реликтами позволяют отнести рассматриваемые вторичные кварциты к гидротермальным образованиям. Площадь интенсивной турмалинизации не превышает 0,3 кв.км при среднем содержании в породах борного ангидрида 2-3%.

Дашкесанский интрузивный комплекс представляет наибольший интерес среди других интрузивов северо-восточного склона Малого Кавказа, с которым пространственно и генетически связаны образования разнообразных месторождений полезных ископаемых.

Исследованиями М.А.Кашкай впервые доказано, что Дашкесанский интрузив представляет собой полифазное и полифациальное образование (Кашкай М.А., 1965г.).

Им было выделено четыре фазы, каждая из которых характеризуется своеобразным морфологическим типом формировавшихся тел, составом пород и характером взаимодействия интрузивов с вмещающими породами.

Для изучения поведения бора и других элементов-примесей интрузивных пород в постмагматическом этапе нами было отобрано большое количество проб, которые подверглись количественному спектральному анализу в Зональной лаборатории ЦХАЛ автором и С.Ю.Пукаревым в Геохимической Экспедиции в Бронницах (Подмосковье). Эти анализы

представляют интерес, главным образом, в отношении поведения малых элементов, трудно определяемых общим химическим анализом.

Содержание элементов-примесей в интрузивных породах Дашкесанского района приводится в таблице 2.

Количество бора в интрузивных породах Дашкесана не резко отличается от его содержания в подобных образованиях. Четко прослеживается повышение его уровня от основных (0,001%) до кислых пород (0,01%).

Постмагматические изменения эндогенных боратов изучались нами и в датолитосодержащих скарнах Нахичеванской мульды.

Датолитосодержащие скарны развиты в северо-восточных и северных краевых частях Нахичеванской мульды. Впервые геолого-поисковые работы на бор здесь были начаты в 1959 году Азербайджанской комплексной геологической экспедицией в экзоконтактах миоплиоциеновых экстрезий андезит-дацитового состава с песчано-глинистыми, известково – песчанистыми и мергелистыми отложениями верхнего эоцена. Сами экстрезивы г.г.Иландаг, Норашен, Алинджа и др. морфологически представляют несогласно залегающие столбообразные, куполовидные тела, размерами 2х3 км и меньше (Ситковский И.Н., 1956г.).

Таблица 2

### Содержание бора в интрузивных комплексах Дашкесанского района

Фазы интрузий и названия пород	Количество анализов	Содержание, в %				
		Щелочные элементы				
		Li	Rb	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	B
Первая фаза: габбро, габбро-диориты и диориты	13	0,0014	0,0087	1,84	4,46	0,001
Вторая фаза: Гранодиориты	21	0,0019	0,07	5,16	5,03	0,005
Третья фаза: Граноаплиты	12	0,0044	0,00144	2,45	4,67	0,01
Четвертая фаза: Диабазовые порфириды	4	0,0052	0,022	3,38	2,97	0,003

Вмещающие экстрезии андезит-дацитов осадочные породы заметно уплотнены, ороговикованы, местами скарнированы. Последнее преимущественно гранат – диопсидо-эпидотового состава. В них крайне неравномерно распределены зерна датолита в количестве, колеблющемся от нескольких до 50-60%.

Содержание борного ангидрида, соответственно, колеблется от первых десятых долей процента до 4-6-% (Бабаев Н.И., 1999г.).

Из имеющихся, далеко не полностью собранных материалов, видно, что датолитсодержащие скарны г. Иландаг генетически могут быть связаны с магмой, давшей андезит-дациты в нижнеплиоценовое время, богатой щелочными элементами.

Щелочной состав экстрезивного магматизма, в свою очередь, явился благоприятным фактором, резко повышающим растворимость борных

соединений. Известно, что при сугубо амфотерных наклонностях бора, его соединения предельно растворимы при показателях потенциалов водородных ионов от 2-2,5 (кислая среда). В связи с этим, в экструзивных вулканических образованиях в виде трахилипаритов, слагающих лакколитовые поднятия, могло иметь место промышленное накопление бора. Вероятно, такая петрохимическая связь борной минерализации с верхнетретичным вулканизмом в краевых зонах эпигерцинских депрессий, сочленяющаяся с альпийскими геосинклиналями, может быть принята как один из надежных поисковых критериев на бор. Известно, что в почти аналогичных геолого-тектонических условиях образовались датолитосодержащие скарны гранитоидных интрузий Малого Кавказа.

Полученные нами скудные данные об эндогенного типа бороносности края все же позволяют констатировать, что возможные бороносные промышленные формации в виде датолитосодержащих скарнов Нахичевани генетически связаны с поздне-третичным вулканизмом умеренно кислого и щелочного состава. Этот тип боронакопления развит в местах проявления блоковых нарушений палеозойского фундамента, которые, в свою очередь, контролировали развитие позднемиоценового вулканизма.

Существенные изменения происходящие в эндогенных боратах неразрывно связаны с экзогенным типом боронакопления Нахичевани. Здесь отчетливо видны образования экзогенных бороносных комплексов на базе эндогенных боратов.

Специализированные геолого-поисковые и поисково-ревизионные работы на бор в пределах мульды проводились в 1958 г. Азербайджанским геологическим управлением и в 1959–64 гг. бывшей Кавказской комплексной геологической экспедицией с участием автора настоящей работы. Анализ материалов, собранных в результате этих работ показывает, что площадь мульды, в смысле ее бороносности, пока еще не получила своей однозначной оценки.

Как показали результаты полевых и лабораторных исследований, наиболее повышенные концентрации борного ангидрида в пределах центральной части Нахичеванской впадины отмечаются на участке Дюзчай. Последний сложен верхним и отчасти ниже и среднесарматскими зеленовато-желто-серыми глинами с прослоями галопелитовых образований, гипса и мергелей. Мощность верхнесарматских отложений достигает около 260 м. Помимо гипса в них отмечаются прослои (до 0,1 м) каменной соли. Эти отложения образуются синклинальную складку антикавказского субмеридионального направления.

В солеродных (каменная соль, гипс и ангидрид) верхнесарматских отложениях довольно четко выделяются нижняя, собственно каменно-солевая свита и верхняя гипсоносная с ангидридом свита. При этом, мощность нижней свиты составляет порядка 90-100 м, а верхней – 170 м (Касимов А.С., 1968г.).

Из этих свит наиболее бороносной оказалась верхняя, образования которой во времени отвечает позднесарматскому. Видимо сильно кислая среда, имевшая место в период отложения нижней соленой свиты, впоследствии сменилась слабокислой, вплоть до нейтральной. Этому предшествовало небольшое накопление сульфатов кальция, которое в последствии уступило место карбонатным соединениям. В этот докарбонатный период отложений и имело место относительно большие накопления борного ангидрида. Из этого следует, что цикл солеродной седиментации уже в период отложений вышеуказанных фаций верхней свиты весьма благоприятствовал накоплению борных соединений.

Однако диапазон существования данного бороносного интервала оказался ничтожным в силу общей тектонически мобильной обстановки самого верхнесарматского бассейна. В результате этого, объемы и величины концентрации борного ангидрида имеют незначительные размеры. Но это вовсе не означает, что рассматриваемый регион бесперспективен в аспекте поисков промышленно-интересных концентраций борных соединений.

### **Заключение**

1. Боросиликаты и бороалюмосиликаты (датолит, данбурит, турмалин) не подвергаются гипергенным изменениям и сохраняются в аллювии на значительном удалении от коренных обнажений, тогда как бораты частично замещаются другими минералами, образующими с ними псевдоморфозу (напр. людвигит лимонитом).

2. Интенсивность гипергенных изменений эндогенных борных минералов зависит от региональных и локальных геологических факторов.

3. При формировании борных оруденений, кроме чисто геологических, большую роль играют температура, окислительно-восстановительные условия, наличие  $\text{CO}_2$ , S и других химически активных элементов.

4. Геологические условия западной части Нахичеванской АР схожи с таковыми месторождений бора в Турции, где так же как в Нахичевани, превалирует вулканогенно-осадочные комплексы. Необходимо усилить поисковые работы на бор в Нахичевани.

5. Сравнительно высокие концентрации бора в серпентинитах являются характерным свойством геологических комплексов Азербайджана, независимо от их структурно-тектонического положения.

6. Не находит своего подтверждения мнение о том, что бор необычный элемент для гипербазитов.

7. Процессы кристаллизации и дегазации вещества астеносферы являются основой в миграции бора в верхние зоны Земной коры.

8. Установлена перспективность на бор турмалиносодержащих вторичных кварцитов г.Айридаг Кедабекского района, датолитосодержащих скарнов Нахичеванской мульды и экструзивов г.г. Иландаг, Норашен, Алинджа, а также участка Дюзчай.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев Н.И. Бороносные формации Азербайджана. Баку: Nafta-Press, 1999, 156 с.
2. Касимов А.С. Геохимия боропроявления в восточной части Нахичеванской АССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. геол.-минер. наук, Баку, 1968, 25 с.
3. Кашкай М.А. Петрография и металлогения Дашкесана и других железорудных месторождений Азербайджана. М.: Недра, 1965, 650 с.
4. Ситковский И.Н. Грейзены Кедабекского района Азербайджанской ССР. Проблемы Советской геологии, №1, 1938, с. 49-65.
5. Ситковский И.Н. Сводный отчет Нахичеванской тематической партии по изучению металлогении Нахичеванской АССР, 1956, 237 с.

## ENDOGEN BORATLARDA ƏMƏLƏ GƏLƏN SONRAKI DƏYİŞMƏLƏR

N.İ.BABAYEV

### XÜLASƏ

Bir çox endogen mənşəli bor mineralları hipergenez zonasında böyük dəyişikliklərə məruz qalırlar. Lakin datolit, danburit, turmalin kimi borosilikatlar və boroalümosilikatlar var ki, onlar, demək olar ki, uzun müddət öz əvvəlki struktur və tekstur əlamətlərini hişf edə bilirlər. Bu məsələni aydınlaşdırmaq üçün, bor birləşmələrinin əhəmiyyətli miqdarda toplana bilmə xüsusiyyətləri, mühitin fiziki-aktiv elementlərinin varlığı və s. diqqətlə öyrənilməlidir.

Məqalədə bütün bunların araşdırılmasına cəhd olunur. Bu məqsədlə cədvəllər şəklində, Kiçik Qafqaz serpentinitlərində və Daşkəsən rayonunun intruziv komplekslərində bor elementinin ana süxurlarda, həmçinin aşınmaya məruz qalmış süxurlarda paylanma miqdarı göstərilmişdir.

**Açar sözlər:** borat, postmaqmatik dəyişmələr, Kiçik Qafqaz

## POST-MAGMATIC CHANGES IN ENDOGENOUS BORATES

N.I.BABAYEV

### SUMMARY

Only a comprehensive analysis of the geochemical study of boron compounds in the development processes of the Earth Crust may lead to understanding the formation conditions and regularities of boron deposits. The article describes changes in the intensity of supergene endogenous borates in Azerbaijan and post-magmatic transformation of boron-silicates and boron-aluminium-silicate taking into account the regional and local factors, whose role can not be ignored in geochemical studies. The data on the boron content in the serpentinites of the Lesser Caucasus and intrusive complexes of Dashkasan region are presented in tables in order to compare the boron content in indigenous and altered rocks.

**Key words:** borates, post-magmatic transformation, Lesser Caucasus

*Поступила в редакцию: 19.11.2012 г.*

*Подписано к печати: 14.02.2013 г.*