

**АКСИНИТ ДАЛЬНЕГОРСКОГО БОРОСИЛИКАТНОГО И ЮЖНОГО
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИМОРЬЯ: МИНЕРАЛЬНЫЕ
АССОЦИАЦИИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ**

О.А. Карась¹, В.А. Пахомова¹, Б.Л. Залищак¹, М.А. Ушкова¹, Н.С.Карманов²

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

²Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ

В работе приведены результаты исследований минеральных парагенезисов аксинита Дальнегорской группы месторождений, а также определены физико-химические параметры минералообразования методами изучения минеральных и флюидных включений в крупных кристаллах.

Термобарогеохимическими исследованиями установлено: флюидные включения в аксините содержат растворы CaCl_2 низкой концентрации (21,5 %), температура гомогенизации первичных включений составляет 520 °С, что соответствует температуре начала кристаллизации аксинита; образование друз аксинита в полостях позволяет сделать предположение о невысоких давлениях в период минералообразования.

Ключевые слова: боросиликатное месторождение, борные минералы, аксинит, термобарогеохимия, Приморье.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Впервые при разведке полиметаллических месторождений Дальнегорского района в 1944 г. заинтересовались борной минерализацией геологи Н.В. Анфилогов и О.А. Гвоздицкий. Ознакомившись с образцами найденной борной руды, академик С.С. Смирнов обосновал необходимость их промышленной оценки. Отряд ГНИИГХС под руководством В.В. Мельницкого подтвердил наличие больших скоплений борных руд, и в 1952 г. ГКЗ были утверждены первые запасы руд. Так было открыто крупнейшее Дальнегорское борное месторождение.

Борные минералы на Дальнегорском боросиликатном месторождении традиционно рассматриваются как руда на бор. С точки зрения геммологии и коллекционирования интерес представляют: данбурит, датолит, аксинит, образующие крупные (до 10 см) кристаллы и их друзы (рис. 1). Аксинит развит в скарнах на контакте известняков и песчаников; совместно с другими боросиликатами он слагает две залежи (Аксинитовую и Водораздельную).

Дальнегорское скарновое боросиликатное месторождение (рис. 2) приурочено к крупной, вытяну-



Рис. 1. Друза кристаллов аксинита, Дальнегорское боросиликатное месторождение. Натуральная величина.

той в северо-восточном направлении на 3,5 км олистоплаке известняков, залегающей среди осадочного меланжа олистостромовой толщи, перекрытой покровом кремнисто-терригенных пород горбушинской серии. Мощность олистоплаки превышает 600 м. Олистостром, известняки и кремнисто-терригенные породы залегают субвертикально, слагая юго-восточ-

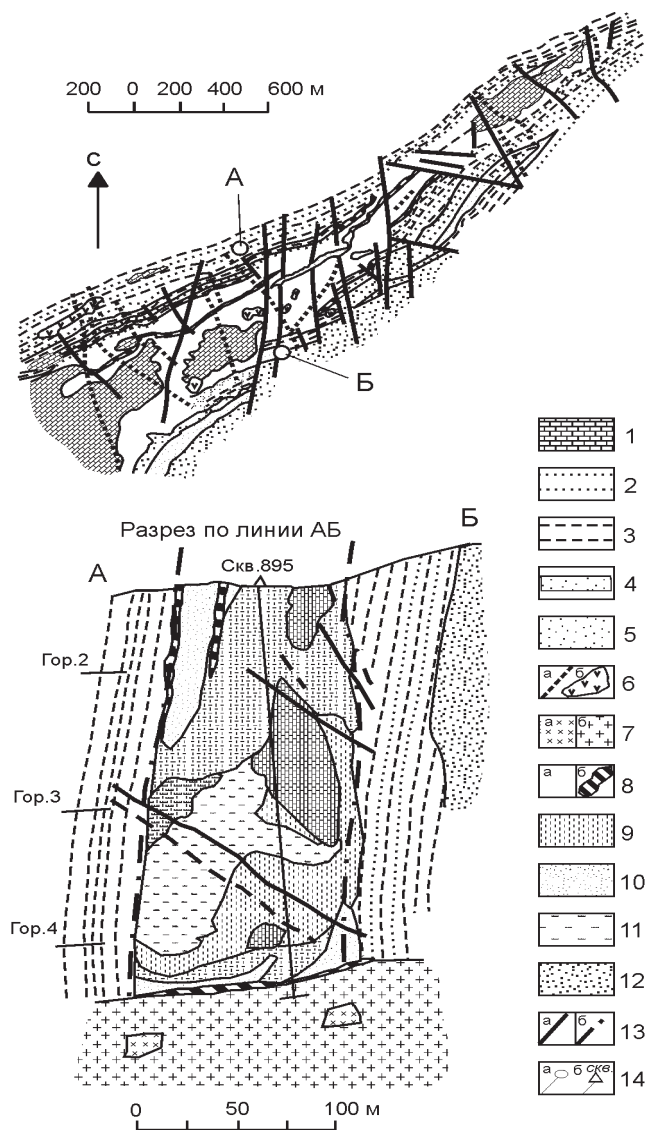


Рис. 2. Схема геологического строения и разрез скарново-рудной залежи Дальнегорского боросиликатного месторождения (по В.М. Щербинину и Н.А. Носенко с дополнениями).

1 – известняки триаса, слагающие олистоплаку и олистолиты; 2–4 – терригенные нижнемеловые породы олистостромовой толщи: 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – полимиктовые брекчии; 5 – триас-юрские кремнистые породы горбушинской серии; 6 – дайки (а) и интрузивы (б) габбро-диабазовых и диабазовых порфиритов и др.; 7 – диориты, кварцевые диориты, гранодиориты первой (а) и граниты второй (б) фазы Дальнегорского интрузива; 8 – скарны: по карбонатным (а) и алюмосиликатным (б) породам; 9 – пироксен; 10 – гранат; 11 – волластонит; 12 – датолит; 13 – разломы (а), границы метасоматических зон (б); 14 – линия разреза (а) и скважины (б).

ное крыло Центральной антиформы, выделенной Ю.П. Юшмановым [12]. Линзовидный скарново-рудный массив имеет в целом сложное внутреннее строение, обусловленное наличием блоков незамещенных пород, тектонических нарушений, даек габбро-диабазовых, диабазовых порфиритов. Под скарновой залежью на глубине 1100–1400 м скважинами выявлены биотит-роговообманковые гранитоиды дальнегорского комплекса. Скарны (геденбергитовые, гранатовые, волластонитовые и др.) развиты по известнякам и алюмосиликатным породам и преимущественно сосредоточены в надинтрузивной зоне этого многофазного гранитоидного массива.

Основной объем скарнов сложен волластонитом, гранатом, пироксеном, кварцем, кальцитом, датолитом, данбурином, аксинитом; в меньшем количестве встречаются эпидот, хлорит, серицит, альбит, актинолит, флюорит, апофиллит, стильпномелан, сидерит, манганокальцит, ильваит, гематит, гизенгрит, сульфиды железа, свинца, цинка, меди, кобальта, мышьяка, отмечаются также самородные висмут и сурьма.

Выделяется три типа боросодержащих руд: 1) датолитовые (залежи Главная, Малая); 2) данбурит-датолитовые (залежь Левобережная, рудное тело Скрытое); 3) аксинит-датолитовые (залежи Аксинитовая, Водораздельная). Установлено, что с глубиной степень рудоносности убывает в результате увеличения количества и размеров участков безрудных скарнов и останцов незамещенных пород [17].

Боросиликатные руды имеют средне- и крупнозернистую структуру. Для них типичны массивные, пятнистые, полосчатые, брекчиевые текстуры. Особый интерес вызывают концентрически-зональные агрегаты, сложенные ритмично-переслаивающимися полосами волластонита, пироксена, граната, датолита и других минералов.

Датолит присутствует в пределах скарновой залежи и вне скарнов не обнаружен. Линзы известняка, встречающиеся среди скарнов, не содержат датолитовой минерализации. Датолит – главный боросиликатный минерал месторождения, распространен на верхних горизонтах залежи, где он образует мономинеральные линзы и гнезда. На глубоких интервалах разреза (от 700 м до 1100 м) он присутствует в тонкополосчатых агрегатах, состоящих из бледно-зеленого датолита, пироксена, реже волластонита. Датолит находится в виде отдельных полос и гнезд в скарнах, образуя зернистые агрегаты с размером зерен от долей миллиметров до 2–5 см. Цвет минерала бледно-зеленый, белый или

бледно-желтый. Минерал прозрачный или полупрозрачный. Кристаллы датолита, выстилающие стенки пустот, прозрачны. Форма зерен преимущественно короткопризматическая, на гранях заметна продольная штриховка.

Данбурит распространен лишь в северо-восточной части скарновой полосы месторождения, на сопке Левобережной, где находится в ассоциации с кварцем и андрадитом. Представлен в виде серовато-белых или желтовато-белых призматических кристаллов или их сростков, длина кристаллов до 5 см и более.

Аксинит распространен в участках контактов боросодержащих скарнов с вмещающими песчаниками и сланцами и с их пропластками в скарнах. Для аксинита наиболее типична ассоциация с эпи-

дотом, полевым шпатом и кварцем – в околоскарновых породах, с гранатом и геденберgitом – в скарнах, реже встречается ассоциация аксинита с датолитом или кальцитом [4].

Южное серебро-свинцово-цинковое месторождение (рис. 3) залегает в существенно песчаной толще и входит в состав Краснореченского рудного узла Верхне-Уссурийского рудного района. Краснореченский рудный узел характеризуется оруденением двух основных типов: оловянно-полиметаллическим и полиметаллическим. Полиметаллическое месторождение Южное приурочено к ядру крупной синклинали складки, сложенной терригенными отложениями валанжинского и готерив-альбского ярусов. Интрузивные породы представлены небольшим штоком и дайками кварцевых



Рис. 3. Схема геологического строения площади Южного месторождения (по Н.А.Носенко и др., с изменениями).

1 – алевролиты с примесью туфогенного материала, туфоалевролиты, кремнисто-глинистые породы и кремнистопелитовые туффиты – пачки седьмой толщи валанжинского яруса; 2 – песчаники и алевролиты верхней толщи валанжинского яруса; 3 – песчаники первой подбиты уктурской свиты готерив-альбского яруса; 4 – дайки диабазов; 5 – дайки диоритовых порфиритов; 6 – дайки кварцевых диоритов; 7 – кварцевые диориты; 8 – меланократовые кварцевые диоритовые порфириты; 9 – рудные жилы и минеральные зоны: установленные (а) и предполагаемые (б); 10 – разрывные нарушения установленные (а) и предполагаемые (б); 11 – элементы залегания геологических границ.

диоритов. На площади месторождения известно около десятка рудных жил и минерализованных зон, основная часть которых залегает в роговиках. Рудные тела содержат серебро-свинцово-цинковое оруденение и отличаются повышенной оловоносностью и золотоносностью. Они сложены кварц-карбонатно-сульфидными рудами, текстурные особенности которых во многих случаях свидетельствуют о способе образования путем выполнения полостей трещин [2].

Аксинит на Южном месторождении представлен мономинеральными прожилками, агрегатами и отдельными зернами в составе кварц-аксинитовых и аксинит-кальцит-кварцевых жил (рис. 4, 5, 6), создавая в последнем случае полосчатую текстуру породы и ярко выраженную зональность. Околожильные гидротермально измененные породы на месторождении сложены, главным образом, алюмосиликатами – аксинитом, гранатом, калиевым полевым шпатом, амфиболом, биотитом, лимонитом, хлоритом, турмалином, датолитом, серицитом и кварцем. Незначительные размеры кристаллов аксинита и отсутствие в них надежных первичных флюидных включений не позволили применить для их исследований термобарогеохимические методы.

Петрографическими исследованиями установлены четкие взаимоотношения аксинита с другими минералами (гранатом, кварцем) в метасоматитах Южного месторождения [14]. Результатом проведенных нами исследований явилось подразделение этих ассоциаций на две группы: 1) возникшие при осаждении безводных марганцевых силикатов; 2) образовавшиеся при отложении кварц-карбонатно-сульфидных руд.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Отбору образцов аксинита для термобарогеохимического исследования предшествовало их визуально-оптическое наблюдение под бинокляром, затем из всей совокупности были выделены аксиниты, содержащие включения. Включения изучались под микроскопом в плоскопараллельных пластинах и полистироловых шашках при различном увеличении, определялись их тип, форма, размеры, количество и закономерности распределения [7–10]. Шашки подвергались полировке с целью выведения на поверхность микрообъектов для анализа. Исследования состава аксинита и сингенетичных минеральных включений проводились на сканирующем электронном микроскопе LEO 1430 VP, оборудованном аналитической приставкой – энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 300 (ГИН СО РАН).

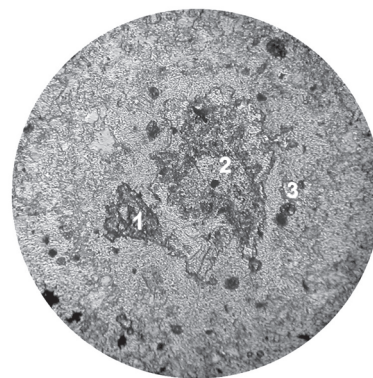


Рис. 4. Взаимоотношения аксинита с ассоциирующими минералами.

Кварц-хлоритовая микрозернистая зона, с примесью аксинита, кальцита, сфена, граната, сульфидов (1 – сфен; 2 – аксинит; 3 – хлорит; вмещающая порода – алевролит). Ув.×15.

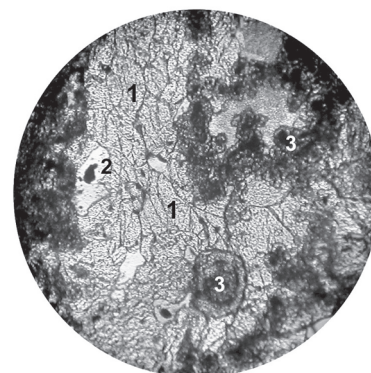


Рис. 5. Взаимоотношения аксинита с ассоциирующими минералами.

Зона гранатового метасоматита, рассеченная субпараллельными прожилками (мощностью 1–5 мм) с аксинитом. (1 – аксинит, 2 – кварц, 3 – гранат). Ув.×15.

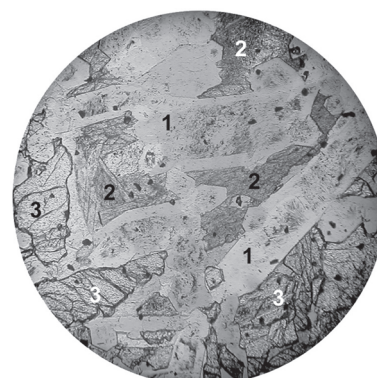


Рис. 6. Взаимоотношения аксинита с ассоциирующими минералами.

Ассоциация кварца (1), аксинита (3) и кальцита (2). Ув.×15.

Изучение включений для определения их генетического типа и фазового состава проводилось под микроскопом при 100–1000-кратном увеличении в специально изготовленных пластинах. Для термометрических опытов были выбраны только нормальные первичные включения, т.е. первичные по способу расположения в кристалле, не расшнурованные, захваченные из гомогенной среды.

После визуального изучения включения подвергались микрометрическим исследованиям, основанным на определении температур фазовых переходов. Для нагрева флюидных включений использовалась термокамера конструкции М.Н. Кандинова (ВИМС) с хромель-алюмелевой термопарой (погрешность измерений в интервале 50–450 °С не более ± 5 °С). Криометрические исследования проводились в диапазоне температур от +25 до -110 °С (точность ± 0.2 °С) с помощью криокамеры, медь-константановая термопара которой откалибрована по точкам плавления химически чистых солей и тройной точке CO_2 во включениях известного состава.

Для диагностики кристаллов, выпадающих из раствора при замораживании включений, привлекались данные из [1, 5 и др.], оценка концентрации растворов проводилась с использованием диаграмм из работ [3, 10, 11, 13, 16].

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Формулой аксинита, основанной на постоянстве его состава, обычно считается $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Al}_2\text{BSi}_4\text{O}_{15}(\text{OH})$. В результате многочисленных исследований разновидностей этого минерала выяснилось, что количество извести в нем уменьшается при увеличении содержания MnO . В связи с этим усовершенствованная формула аксинита должна иметь вид $(\text{Ca} \text{ Fe}^{+2}, \text{Mn})_3\text{Al}_2\text{BSi}_4\text{O}_{15}\text{OH}$. Аксинит широко распространен в контактово-метаморфических и метасоматических породах – кальцифирах, роговиках, скарнах, основных породах и гидротермальных жилах рудных месторождений, в том числе и в жилах альпийского типа.

Несмотря на большой интерес исследователей к Дальнегорской группе месторождений и существование многочисленных литературных данных по этому региону, сведения об аксините, как правило, дефицитны или фрагментарны, при том что во всем мире этот минерал считается не только сырьем для получения бора, но также редким коллекционным минералом.

Окраска кристаллов дальнегорского аксинита серая, зеленовато-серая. По системе GIA оттенок –

slyG, тон – exdk, насыщенность – gr. Минерал прозрачный или полупрозрачный. В шлифе бесцветен, иногда слегка окрашен или плеохроирует.

Аксиниты Дальнегорского боросиликатного месторождения отличаются, прежде всего, размерами – они образуют кристаллы до 3 см и, соответственно, наличием флюидных включений, размеры которых достаточны для инструментального изучения. В таких кристаллах и были обнаружены включения «гиганты» (рис. 7), информативность которых заключается в удобстве наблюдения при проведении криометрических опытов (если они аналогичны по фазовому составу мелким первичным), а также характерные для аксинита включения неправильной формы (рис. 8) и наиболее важные для термометрических исследований первичные включения, приуроченные к центральным участкам кристаллов аксинита и отвечающие всем параметрам информативной надежности (рис. 9).

При нагревании до температуры 155 °С фазовые изменения незначительны или отсутствуют, затем газовый пузырек во включении уменьшается в объеме [15]. Температура гомогенизации равна

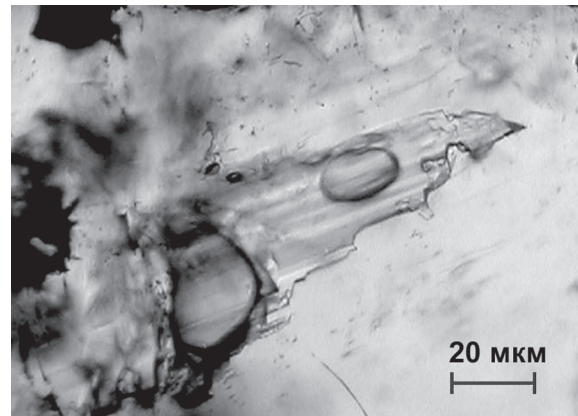


Рис. 7. Включения «гиганты».

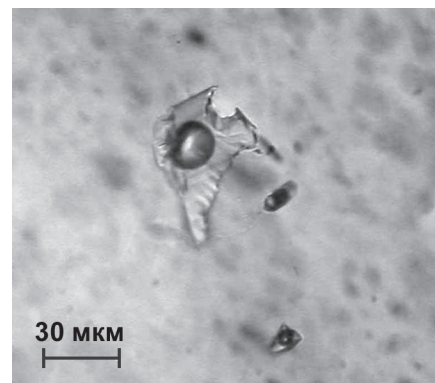


Рис. 8. Характерные для аксинита включения.

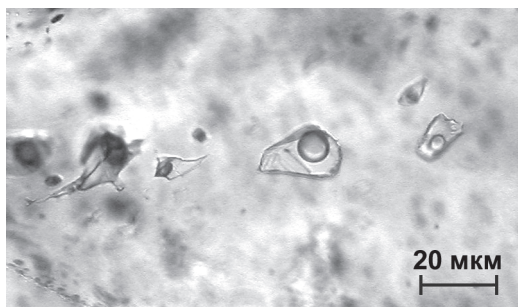


Рис. 9. Первичные включения, содержащие растворы CaCl_2 . $T_{\text{гом}}=520^\circ\text{C}$

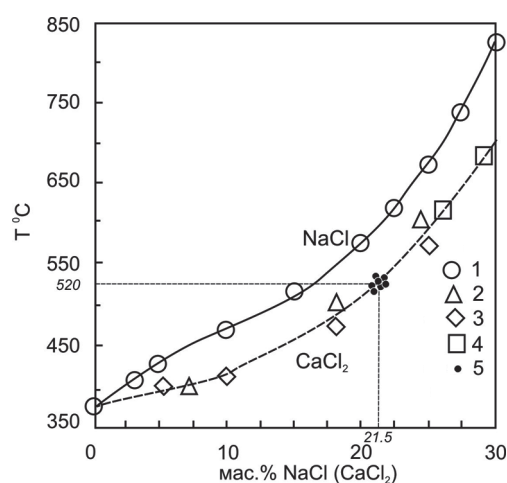


Рис. 10. Критические параметры растворов CaCl_2 (пунктир) и NaCl (сплошная линия) по данным изучения синтетических флюидных включений в кварце.

1 – данные С.Л. Кнigh, R.J. Vodnar (1989), 2 – С.И. Ткаченко (1996), 3 – А.И. Oakes (1994), 4 – З.А. Котедьникова (2001), 5 – данная работа.

520°C . Температура плавления эвтектики раствора составляет -55°C , что соответствует системе, основная соль которой представлена CaCl_2 . Концентрация раствора определена по температуре плавления льда (от -39.2 до -38.5°C) и соответствует 21,5% экв. CaCl_2 (рис. 10). Во включениях, располагающихся в основании кристаллов аксинита, в процессе криометрических исследований выявлены вакуоли, в которых законсервированы растворы более сложного состава ($\text{CaCl}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} +$ неизвестная фаза) с температурой эвтектики -50°C , а также смесь ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} +$ неизвестная фаза, предположительно, борат) с температурой эвтектики $-22.7 \div -23^\circ\text{C}$. Таким образом, в процессе формирования друз аксинита, вероятно, происходило изменение состава растворов, содержащих

в начальный период избыточное количество бора, а позднее – повышенные концентрации кальция.

Задача определения концентрации бора в законсервированных растворах однозначно решается пока только в бинарной системе $\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ [8] и в некоторых тройных водно-солевых системах, для которых имеются экспериментальные данные. Многокомпонентность состава природных включений, а также фрагментарность исследований условий формирования боросиликатной минерализации (за исключением работ А.Е. Лисицына, С.В. Малинко [6], посвященных гомогенизации включений в датолите и данбурите) вызывают необходимость дополнительной проверки криометрических данных с применением спектроскопии для определения концентрации бора во включениях. Поэтому проведенные исследования позволяют сделать лишь предварительные выводы.

Результаты анализа аксинита и сингенетичных минеральных включений показали, что дальнегорс-

Таблица 1. Химический состав (мас. %) аксинита Дальнегорского боросиликатного месторождения.

№ точки анализа	Al_2O_3	SiO_2	CaO	MnO	FeO^*	Сумма
1	16,19	41,88	19,83	5,6	7,3	90,8
2	16,64	41,24	19,78	6,63	6,24	90,53
3	16,62	41,59	20,08	7,1	6,07	91,46
4	16,28	42,14	19,7	6,2	6,92	91,25
5	16,48	41,26	19,9	6,91	6,08	90,63

Примечание. Анализы выполнены на сканирующем электронном микроскопе LEO 1430 VP, оборудованном аналитической приставкой – энергодисперсионным спектрометром INCA Energy ГИН СО РАН, аналитик к.г.-м.н. Карманов Н.С.; FeO^* – суммарное Fe в виде FeO .

Таблица 2. Химический состав (мас. %) аксинита и сингенетичных минеральных включений в нем Дальнегорского боросиликатного месторождения.

№ точки анализа	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	MnO	FeO^*	Сумма
1	-	16,84	41,85	-	19,49	9,81	2,49	90,48
2	-	26,28	39,89	-	23,99	0,59	10,79	101,55
3	0,36	30,58	42,66	10,45	-	0,43	4,99	89,47
4	0,55	22,34	22,66	-	1,04	2,22	40,35	89,16
5	-	22,31	38,64	-	22,86	2,16	9,93	95,89

Примечание. Анализы выполнены на сканирующем электронном микроскопе LEO 1430 VP, оборудованном аналитической приставкой – энергодисперсионным спектрометром INCA Energy ГИН СО РАН, аналитик к.г.-м.н. Карманов Н.С.; - не обнаружено. 1 – аксинит, 2, 5 – эпидот, 3 – биотитоподобная слюда, 4 – хлорит-тюрингит; FeO^* – суммарное Fe в виде FeO .

Таблица 3. Химический состав (мас. %) аксинита и сингенетических минеральных включений в нем Дальнегорского боросиликатного месторождения.

№ точки анализа	F	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	MnO	FeO*	Сумма
1	-	17,51	41,94	19,83	-	10,18	2,38	91,83
2	-	23,74	37,62	23,86	-	0,36	10,91	96,5
3	-	23,16	37,89	23,24	-	0,84	12,48	97,62
4	-	23,92	38,4	24,16	-	0,74	11,14	98,36
5	2,57	5,09	31,07	29,36	33,77	-	0,49	102,36
6	-	23,69	38,14	23,83	-	0,49	10,74	96,9

Примечание. Анализы выполнены на сканирующем электронном микроскопе LEO 1430 VP, оборудованном аналитической приставкой – энергодисперсионным спектрометром INCA Energy ГИН СО РАН, аналитик к.г.-м.н. Карманов Н.С.; – не обнаружено. 1 – аксинит, 2–4, 6 – эпидот, 5 – сфен, возможна примесь флюорита CaF₂; FeO* – суммарное Fe в виде FeO.

кие аксиниты сопоставимы с аксинитами Центрального Казахстана и Радауталы и принадлежат к марганцевистой разновидности (табл. 1–3). Среди сингенетических минеральных включений установлены эпидот и сфен, биотитоподная слюда, хлорит-тюрингит (табл. 2, 3).

ВЫВОДЫ

В работе рассмотрены минеральные ассоциации аксинита в метасоматитах Южного полиметаллического месторождения и определены физико-химические параметры минералообразования аксинитов Дальнегорского боросиликатного месторождения посредством изучения минеральных и флюидных включений в крупных кристаллах. Установлены мономинеральные прожилки аксинита, кварц-аксинитовые и аксинит-кальцит-кварцевые. Эти ассоциации могут быть подразделены на две группы: 1) возникшие при осаждении безводных марганцевых силикатов; 2) образовавшиеся при отложении кварц-карбонатно-сульфидных руд.

Проведенный анализ состава аксинита Дальнегорского боросиликатного месторождения показал их соответствие марганцевистой разновидности. Среди сингенетических минеральных включений установлены эпидот и сфен, биотитоподная слюда, хлорит-тюрингит. Первичные флюидные включения в аксините содержат растворы CaCl₂ низкой (21,5 %), концентрации; температура их гомогенизации составляет 520°C.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 06-05-96138.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенко А.С. Анализ солевого состава растворов газо-жидких включений в минералах методом криометрии // Использование методов термобарогеохимии при поисках и изучении рудных месторождений. М: Недра, 1982. С. 37–47.
2. Казаченко В.Т. Петрология и минералогия гидротермальных марганцевых пород Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2002. 248 с.
3. Котельникова З.А. Синтетические и природные флюидные включения как основа моделирования режима летучих при петрогенезе: Дис. ... д-ра геол.-минер. наук. М., 2001. 273 с.
4. Куршакова Л.Д. Физико-химические условия образования скарново-боросиликатных месторождений. М.: Наука, 1976. 276 с.
5. Лидин Р.А., Андреева Л.Л., Молочко В.А. Справочник по неорганической химии. Константы неорганических веществ. М: Химия, 1987. 320 с.
6. Малинко С.В., Берман И.Б., Руднев В.В. и др. Включения бороносных гидротерм в кристаллах кварца по данным (п,а) радиографии // Докл. АН СССР. 1976. Т. 228, № 4. С. 948–951.
7. Прокофьев В.Ю., Кигаи И.Н. Практическая термобарогеохимия. Современные методы изучения флюидных включений в минералах. Москва, 1999. 62 с.
8. Рейф Ф.Г., Прокофьев В.Ю., Балицкий В.С. и др. Сопоставление термометрических и эмиссионно-спектрических оценок концентрации бора в искусственных и природных флюидных включениях // Труды X Международной конференции по термобарогеохимии. Александров, 2001. С. 3–17.
9. Рёддер Э. Флюидные включения в минералах. В 2-х т. Т.1. М.: Мир, 1987. 560 с.
10. Рёддер Э. Флюидные включения в минералах. В 2-х т. Т.2. М.: Мир, 1987. 632 с.
11. Ткаченко С. И. Высокотемпературные фумарольные газы: Автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. Черноголовка, 1996, 18 с.
12. Юшманов Ю.П., Петрищевский А.М. Тектоника, глубинное строение и металлогения прибрежной зоны Южного Сихоте-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2004. 112 с.
13. Goldstein R.N., Reunold T.I. Systematics of fluid inclusion in diagenetic minerals. Short course 31, Tulsa (Okia), SEPM, 1994.
14. Karas' O.A., Zalishchak B.L., Solyanik. V.A. Parageneses of the Yuzhnoe Axinite deposits // VII Междунар. конф. “Новые идеи в науках о Земле” S-V-S-XI М., 2005. 72 с.
15. Karas' O.A., Kemkina R.A. Conditions of axinite formation in deposits of the Dalnegorsky group according to thermometric data // Sixth International Young Scholars' Forum of the Asia-Pacific Regional Countries, Vladivostok, Russia. 2005. P. 211–212.
16. Knight C.L., Bodnar R.L. Synthetic fluid inclusions: IX. Critical PVTX properties of NaCl–H₂O solutions //

Geochimica et Cosmochimica Acta. 1989. P 3–8.

17. Vasilenko G.P. The Dalnegorsk ore district. Metallogeny of the Pacific Northwest (Russian Far East): Tectonics,

Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins / Eds. A.L. Khanchuk, G.A. Gonevchuk & R. Seltmann. Vladivostok, 2004. 176 p.

Поступила в редакцию 22 февраля 2006 г.

Рекомендована к печати С.М. Родионовым

O.A. Karas', V.A. Pakhomova, B.L. Zalishchak, M.A. Ushkova, N.S. Karmanov

Axinite of the Dalnegorsk borosilicate and Southern polymetallic deposits (Primorye): mineral associations and the physical-chemical setting of their formation

This paper lists the results of studies of mineral parageneses of axinite from the Dalnegorsk group of deposits. Also, physical-chemical parameters of mineral formation are examined by means of mineral and fluid inclusion study of large crystals.

Thermobarogeochemical investigations have established that fluid inclusions in axinite contain low-concentration (21.5%) CaCl₂ solutions, and the temperature of primary inclusions homogenization is 520°C, which corresponds to that of the outset of axinite crystallization. Axinite druse formation in vesicles suggests low pressures during mineral formation.

***Key words:* borosilicate deposit, boric minerals, axinite, thermobarogeochemistry, Primorye.**