

УДК 549.324.651

О СОСТАВЕ И НОМЕНКЛАТУРЕ ДИАРСЕНИДОВ ГРУППЫ ЛЕЛЛИНГИТА

Р.А. Виноградова

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, Москва

Рассматривается состав диарсенидов группы леллингита, для которого характерны широкие вариации содержаний Fe, Co и Ni. Предлагается вариант номенклатуры с выделением минералов — леллингит, саффлорит, раммельсбергит и их разновидностей — кобальтистый леллингит, никелистый леллингит, железистый саффлорит, никелистый саффлорит, кобальтистый раммельсбергит, железистый раммельсбергит. Показаны области составов и пределы содержаний Fe, Co, Ni (ат.%) в минералах и разновидностях. Номенклатура позволяет обозначить особенности конкретного состава диарсенидов из группы леллингита и отразить это в соответствующих названиях.

В статье 1 таблица, 1 рисунок и список литературы из 12 названий.

Среди диарсенидов Fe, Co и Ni типа $MeAs_2$ (Боришанская и др., 1981; Виноградова, Бочек, 1980) наиболее распространены ромбические диарсениды группы леллингита: леллингит $FeAs_2$, саффлорит $CoAs_2$ и раммельсбергит $NiAs_2$, — структурно подобные марказиту. Ромбический парараммельсбергит $NiAs_2$, кубический крутовит $NiAs_2$ и моноклинный клиносаффлорит $CoAs_2$ встречаются реже и имеют отличные от минералов группы леллингита структуры. Однако структура клиносаффлорита обнаруживает большое сходство со структурой леллингита/саффлорита.

Диарсениды группы леллингита характерны (Боришанская и др., 1981) для месторождений пятиэлементной формации и близких к ним арсенидных никель-кобальтовых месторождений, встречаются в сульфидных медно-никелевых месторождениях и в своеобразном типе никелин-хромитовых жил. Леллингит и саффлорит описаны в железорудных скарнах, щелочных и гранитных пегматитах, а леллингит — также в грейзенах, сульфидно-касситеритовых и арсенидопиритовых месторождениях.

К настоящему времени накоплен большой аналитический материал по составу природных диарсенидов группы леллингита, который обобщен в работах (Боришанская и др., 1981; Виноградова, Бочек, 1980; Гриценко и др., 2004). В составе этих диарсенидов обычно присутствуют все три металла семейства железа с преобладанием одного или двух из них. Широко распространены природные твердые растворы непрерывного изоморфного ряда леллингит-саффлорит, реже встречаются твердые растворы непрерывного изоморфного ряда саффлорит-раммельсбергит и, наконец, недавно установлены твердые растворы непрерывного изоморфного ряда

леллингит-раммельсбергит (Гриценко и др., 2004). С обнаружением последнего зафиксированная ранее (Виноградова, Бочек, 1980) область не выявленных в природе твердых растворов тройного состава, относящихся к группе леллингита, существенно сократилась, что свидетельствует о существовании почти полного изоморфизма между Fe, Co и Ni в диарсенидах группы леллингита и о широких вариациях содержаний этих элементов в их составе (рис. 1а).

Ранее рядом исследователей предпринимались попытки наметить по составу границы между минералами группы леллингита, однако эти границы трактовались различно и носили условный характер (Виноградова, Бочек, 1980). Наличие теперь большого аналитического материала по составу диарсенидов группы леллингита и предлагаемые стандарты по номенклатуре минералов в тройных системах (Nickel, 1992), к которым относятся рассматриваемые минералы, позволяют создать современную номенклатуру диарсенидов группы леллингита. По преобладанию одного из трех металлов семейства железа, согласно (Nickel, 1992), следует выделять леллингит $(Fe, Co, Ni)As_2$, саффлорит $(Co, Fe, Ni)As_2$ и раммельсбергит $(Ni, Co, Fe)As_2$ и соответствующие им области составов (рис. 1б). Однако в связи с широкими вариациями состава каждого из минералов при таком подходе теряются особенности химизма конкретных представителей группы леллингита. Поэтому представляется целесообразным детализировать рассмотренный вариант номенклатуры и выделять в группе леллингита собственно минералы (леллингит, саффлорит, раммельсбергит) и их разновидности. Границей между минералами и разновидностями может служить содержание главного металла 80 ат.%. Это оп-

равдано тем, что рассматриваемые диарсениды при содержании главного металла 80 и более ат.% обычно не обнаруживаются в полированных шлифах в отраженном свете зональности, характерной для них при более сложном составе. Следует также иметь в виду, что при содержании Co 80 ат.% происходит изменение ромбической симметрии сафлорита на моноклинную у близкого по структуре и составу клиносафлорита (Radcliffe, Berry, 1968; 1971), и при более высоком содержании кобальта существует диморфизм соединения $CoAs_2$. Кроме того, нельзя не учитывать, что в учебниках по минералогии и минералогических справочниках для леллингита, сафлорита и раммельсбергита традиционно приводятся простые формулы $MeAs_2$, отвечающие составу первых находок этих минералов с доминирующим содержанием Fe, Co или Ni. Описанные в литературе «богатый Co раммельсбергит» (Виноградова и др., 1972), «богатый Ni леллингит» (Буковшин, Чернышев, 1985; Гамянин, Лыхина, 2000; Cervilla, Ronsbo, 1992; Oen *et al.*, 1971), «богатый Ni и Co леллингит» (Дистлер и др., 1975), «богатый Ni сафлорит» (Radcliffe, Berry, 1968) по существу отвечают разновидностям соответствующих

минералов, названным по особенностям состава.

С учетом сказанного номенклатуру ромбических диарсенидов группы леллингита можно представить в следующем виде. В области составов леллингита, сафлорита и раммельсбергита (рис. 1б) выделяем минералы (крайние члены): леллингит, сафлорит, раммельсбергит — с содержанием главного металла семейства железа 80 и более ат.%. При содержании главного металла менее 80 ат.% и по преобладанию одного из двух других металлов выделяем разновидности (промежуточные члены): кобальтистую и никелистую у леллингита; железистую и никелистую у сафлорита; кобальтистую и железистую у раммельсбергита (рис. 1в; таблица).

Предлагаемая номенклатура позволяет точнее характеризовать конкретный состав диарсенидов из группы леллингита, обозначив его особенности соответствующим названием.

Автор признателен О.Л.Свешниковой — старшему научному сотруднику Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН за конструктивное обсуждение статьи, а также научному сотруднику ИГЕМ РАН С.Н. Бубнову.

Таблица 1. Номенклатура и состав диарсенидов группы леллингита ($MeAs_2$) по соотношению в них Fe, Co и Ni

Минералы (крайние члены изоморфных рядов) Содержание главного Me \geq 80 ат.%	Разновидности (промежуточные члены изоморфных рядов) Содержание главного Me < 80 ат.%
1. Леллингит $Fe \gg (Co + Ni)$ $Fe_{80-100} (Co + Ni)_{20-0}$	1а. Леллингит кобальтистый $Fe > Co > Ni$ $Fe_{80-33.3} Co_{10-50} Ni_{0-33.3}$
	1б. Леллингит никелистый $Fe > Ni > Co$ $Fe_{80-33.3} Ni_{10-50} Co_{0-33.3}$
2. Сафлорит $Co \gg (Fe + Ni)$ $Co_{80-100} (Fe + Ni)_{20-0}$	2а. Сафлорит железистый $Co > Fe > Ni$ $Co_{80-33.3} Fe_{10-50} Ni_{0-33.3}$
	2б. Сафлорит никелистый $Co > Ni > Fe$ $Co_{80-33.3} Ni_{10-50} Fe_{0-33.3}$
3. Раммельсбергит $Ni \gg (Co + Fe)$ $Ni_{80-100} (Co + Fe)_{20-0}$	3а. Раммельсбергит кобальтистый $Ni > Co > Fe$ $Ni_{80-33.3} Co_{10-50} Fe_{0-33.3}$
	3б. Раммельсбергит железистый $Ni > Fe > Co$ $Ni_{80-33.3} Fe_{10-50} Co_{0-33.3}$

Примечание: *Здесь и далее везде — пределы содержаний металлов семейства железа в ат.%. Области составов минералов и разновидностей, приведенных в таблице, показаны на рисунке 1в.

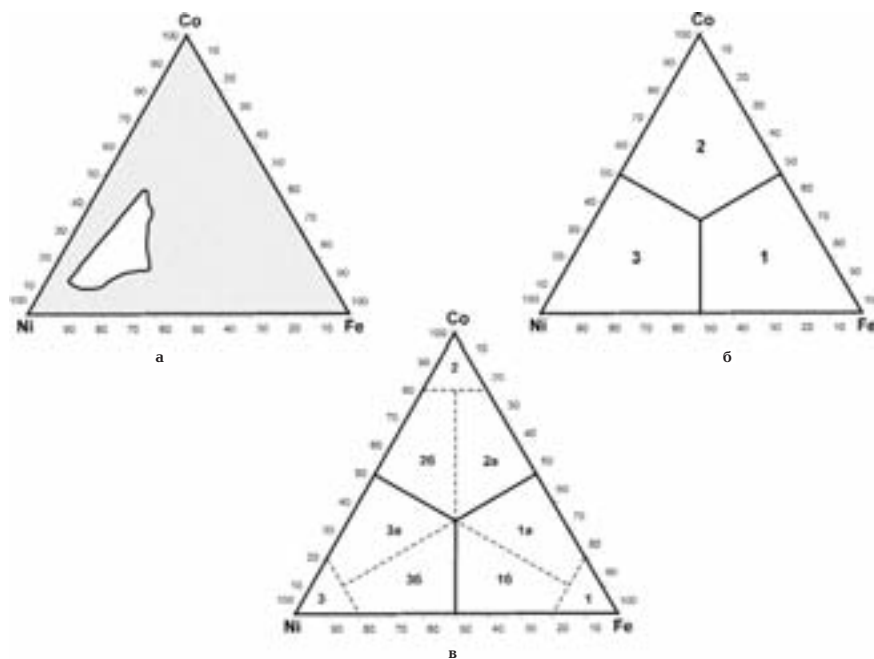


Рис. 1. Состав и номенклатура диарсенидов группы леллингита по соотношению в них Fe, Co и Ni (ат. %).
 а – сводные данные по составу (Виноградова, Бочек, 1980; Гриценко и др., 2004); белое поле – неустановленные в природе составы.
 б – номенклатура и области составов в соответствии с (Nickel, 1992): 1 – леллингит, 2 – сафлорит, 3 – раммельсбергит.
 в – предлагаемая номенклатура и области составов: 1 – леллингит, 1а – леллингит кобальтистый, 1б – леллингит никелистый; 2 – сафлорит, 2а – сафлорит железистый, 2б – сафлорит никелистый; 3 – раммельсбергит, 3а – раммельсбергит кобальтистый, 3б – раммельсбергит железистый. Точка пересечения линий в центре треугольника соответствует равным содержаниям всех трех металлов (по 33,3 ат. %)

Литература

- Боришанская С.С., Виноградова Р.А., Крутов Г.А. Минералы никеля и кобальта. М., МГУ. **1981**. 220 с.
- Буковшин В.В., Чернышев Н.Н. Арсениды и сульфоарсениды медно-никелевых руд Воронезского кристаллического массива // Запис. ВМО. **1985**. Ч. 114. Вып. 3. С. 335–340.
- Виноградова Р.А., Еремин Н.И., Крутов Г.А. Богатый кобальтом раммельсбергит из района Бу-Аззер (Марокко) // Докл. АН СССР. **1972**. Т. 207. № 1. С. 161–163.
- Виноградова Р.А., Бочек Л.И. Состав и оптические свойства диарсенидов железа, кобальта и никеля // Изв. АН СССР. Сер. геолог. **1980**. № 2. С. 87–100.
- Гамянин Г.Н., Лыхина Е.И. Ni-Co арсениды и сульфоарсениды золото-редкометалльных месторождений Восточной Якутии // Запис. ВМО. **2000**. Ч. 129. Вып. 5. С. 126–138.
- Гриценко Ю.Д., Спиридонов Э.М., Виноградова Р.А. Новые данные о диарсенидах ряда леллингит – раммельсбергит // Докл. РАН. **2004**. Т. 399. № 4. С. 528–531.
- Дистлер В.В., Лапутина И.П., Смирнов А.В. Арсениды, сульфоарсениды и антимониды никеля, кобальта и железа Талнахского рудого поля // Сб. «Минералы и парагенезисы минералов эндогенных месторождений». Л.: Наука. **1975**. С. 61–74.
- Cervilla F., Ronsbo J. New date on (Ni,Co,Fe) diarsenides and sulfarsenides in chromit-nicolite ores from Malaga Provins, Spain // Neues Jahrb. Mineral Monatsh. **1992**. S. 193–206.
- Nickel Ernest H. Solid solutions in mineral nomenclature // Canad. Mineral. **1992**. V. 30. P. 231–234.
- Oen J.S., Burke E.A., Kieft C., Westerhof A.B. Ni-arsenides, Ni-rich loellingite and (Fe,Co)-rich gersdorffite in Cr-Ni-ores Malaga Province, Spain // Neues Jahrb. Mineral. Abh. **1971**. Bd 115. Hf. 2. S. 123–139.
- Radcliffe D., Berry L.G. The safflorite-loellingite solid series // Amer. Mineral. **1968**. V.53. № 11–12. P. 1856–1881.
- Radcliffe D., Berry L.G. Clinosaflorite: a monoclinic polymorphe of safflorite // Canad.