

ЦИНКСОДЕРЖАЩИЙ СТАВРОЛИТ ИЗ КИАНИТОВЫХ ГНЕЙСОВ СЫСЕРТСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (СРЕДНИЙ УРАЛ)

© 2017 г. В. С. Пономарев

Сысертский метаморфический комплекс расположен на Среднем Урале и является частью Сысертско-Ильменогорского метаморфического комплекса [Кейльман, 1974]. Метаморфические породы комплекса в основном представлены амфиболитами, амфиболовыми и биотит-амфиболовыми гнейсами, двуслюдяными гнейсами, гранат-слюдяно-кварцевыми сланцами и т. д.

Г.А. Кейльман описал кианитовые гнейсы в Сысертском метаморфическом комплексе, которые залегают среди мусковитизированных биотитовых плагиогнейсов шумихинской свиты [1974]. Мы также обнаружили большое количество проявлений кианитовых гнейсов в северной части шумихинского купола. Часто в гнейсах наблюдаются светлые кварц-плагиоклазовые и кварцевые прожилки, залегающие согласно с основной породой – лейкосомы. Мощность таких прожилков может достигать до 7 см. В одном таком проявлении (рис. 1), расположенном приблизительно в 3260 м к юго-западу от оз. Багаряк (координаты с GPS-приемника 56°19'58" с. ш.; 60°47'30" в. д.) в Сысертском районе Свердловской области в лейкосоме кианитовых гнейсов мы обнаружили ставролит с высоким содержанием цинка. В литературных источниках сведений о минерале с подобным составом на Урале мы не нашли. В настоящей работе, возможно, приводится первое описание цинксоодержащего ставролита для Урала.

Ставролит – $\text{Fe}_2\text{Al}_3\text{Si}_4\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ – типичный минерал гнейсов и кристаллических сланцев, образовавшихся при региональном и контактовом метаморфизме средней степени [Минералы..., 1972]. Ставролит с высоким содержанием цинка (7.44 мас. %) впервые найден С.У. Шепардом в 1856 г. в кварц-биотит-ставролитовых сланцах в штате Джорджия (США) [Нерадовский и др., 2011]. Минерал с примесью цинка отмечался в кристаллических сланцах в Африке и в андалузит-гранат-ставролитовых сланцах Карелии [Тарновский, 1973]. Так, в публикации Ю.Н. Нерадовского с соавторами [2011] приводятся данные о находках ставролита (ZnO до 5.98 мас. %) в кианитовых сланцах в Кейвах (Кольский п-ов). В работе О.Ф. Мец с соавторами [1983] опубликованы данные о цинксоодержащем ставролите (ZnO = 1.52–2.38 мас. %) из слюдоносных пегматитов Кольского п-ва. Став-

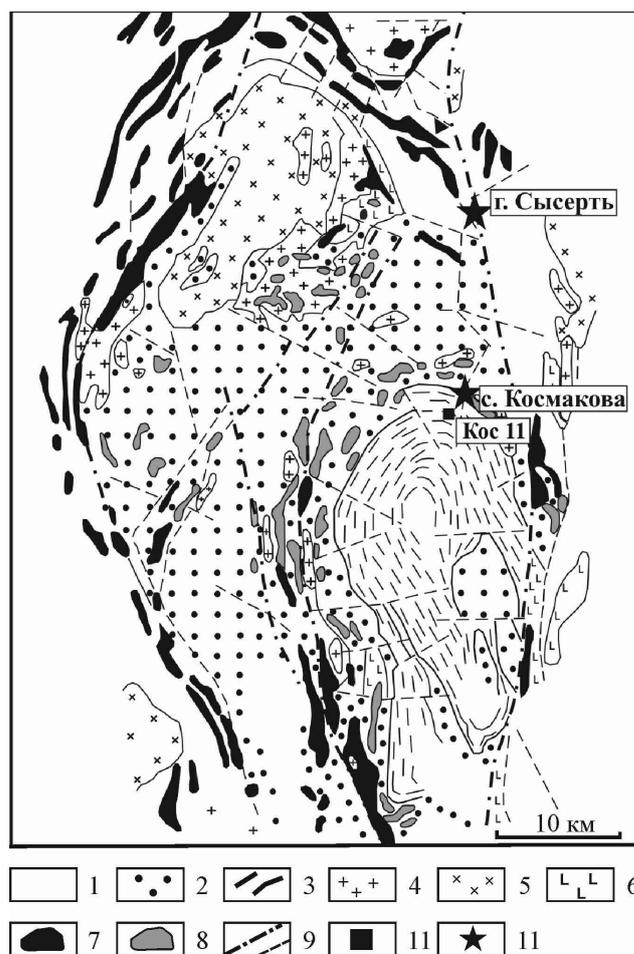


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Сысертского метаморфического комплекса (составлена Г.А. Кейльманом и Г.А. Глушковой с дополнениями [Месторождения..., 1976]).

1 – карбонатно-сланцевая толща, серицит-кварцевые сланцы с прослоями углистых кварцитов, эпидот-актинолитовых сланцев и мраморов, слюдисто-кварцевые сланцы с гранатом, кианитом и ставролитом, сысертская свита; 2 – амфиболиты, амфиболовые и биотит-амфиболовые гнейсы с прослоями графитовых кварцитов, черновская серия; 3 – гнейсы биотитовые, реже амфиболовые и двуслюдяные, гранитогнейсы и мигматиты, шумихинская серия; 4 – граниты; 5 – плагиограниты, плагиогранодиориты, кварцевые диориты, гранодиориты; 6 – амфиболиты апогаббровые и габбро; 7 – серпентиниты, тальк-карбонатные породы; 8 – антофиллитовые породы; 9 – разрывные нарушения; 10 – населенные пункты; 11 – точка отбора пробы.

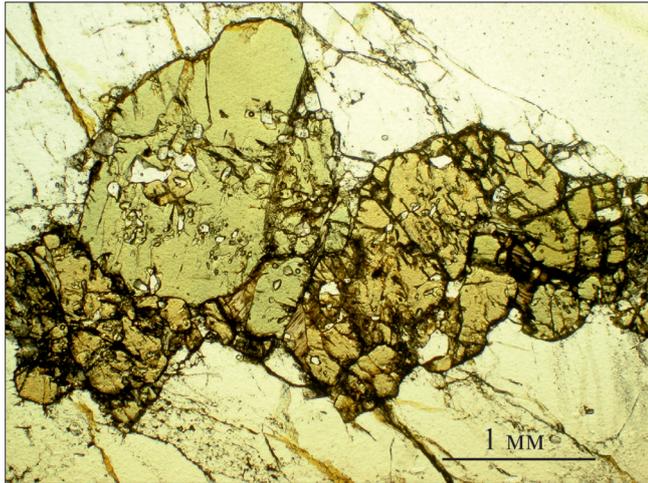


Рис. 2. Зерна цинксодержащего ставролита в кварцевом агрегате. Полированный шлиф.

ролит с примесью ZnO 1.08 мас. % встречен в мусковит-кварцевой зоне в приальбандовой части сподуменсодержащих пегматитов Восточной Сибири [Тарновский, 1973]. В амфиболитах Холоднинского месторождения в Северном Прибайкалье содержание ZnO в ставролите ≈ 1.5 мас. %, а в составе ставролита из мусковитизированных ставролит-кварц-ганит-биотитовых пород ZnO достигает 7.4 мас. % [Кочеткова и др., 1979]. Цинкоставролит с максимальным содержанием цинка (ZnO = 13.2 мас. %) описан из метабазитов и метапеллитов Кордильер-Бетики (Испания) [Soto, Azanon, 1994]. Ранее мы исследовали ставролиты из ставролит-гранат-плагноклаз-амфибол-хлоритовых пород Сысертского метаморфического комплекса, но содержание цинка в них не измеряли [Пономарев, Кувшинский, 2013]. Позже мы установили в минерале небольшую примесь ZnO – 0.63–0.71 мас. %.

Исследуемые лейкосомы в кианитовых гнейсах характеризуются крупно-среднезернистым кварцевым агрегатом с параллельно расположенными (иногда цепочкой) зернами ставролита и хлорита. Породы имеют полосчатую текстуру, лепидо-нематогранобластовую структуру. Кварц в породе встречается в двух генерациях. Кварц первой генерации представляет собой вытянутые, неправильной формы зерна с неровными ограничениями размером от 0.5 до 10.0 мм. На границах зерен кварца первой генерации наблюдаются скопления перекристаллизованного кварца (второй генерации) изометричной формы размером до 0.2 мм. Минерал окрашен в серовато-белый цвет. В шлифах кварц имеет волнистое погасание. В зернах кварца первой генерации отмечаются цепочки мелких газовой-жидких включений, расположенные перпендикулярно полосчатости породы. В небольшом количестве ($\approx 5\%$ от объема) в лейкосомах встречаются ставролит, био-

тит (хлоритизированный), хлорит, кианит и фторопатит. В виде единичных зерен присутствуют гранат (альмандин) и пирит. В интерстициях хлоритового и перекристаллизованного кварцевого агрегата имеются небольшие полости со скоплением глинистого минерала белого цвета, который образовался, скорее всего, за счет выветривания плагноклаза. Хлорит формирует мелкие зеленоватые чешуйки в кварцевом агрегате. Биотит в породе замещается хлоритом, наблюдается в интерстициях зерен ставролита. Некоторые лейсты хлорита обрастают каймой гетита. Кианит образует единичные короткопризматические зерна голубоватого цвета размером до 2 мм по удлинению. Альмандин характеризуется изометричными зернами красно-коричневого цвета размером не более 1 мм. Оба минерала тяготеют к периферийной части лейкосомы.

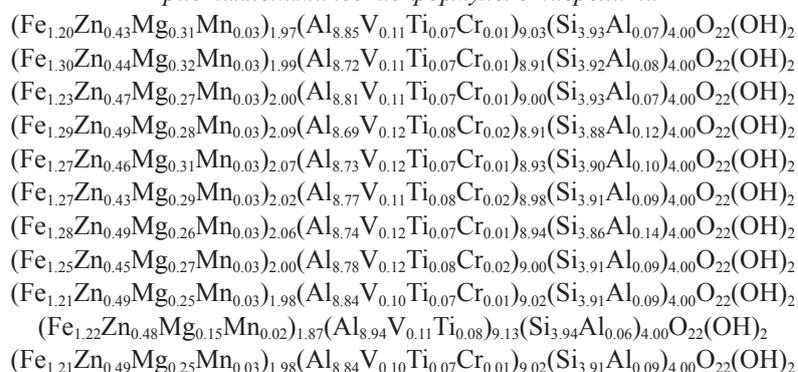
Ставролит наблюдается в виде удлиненно-призматических кристаллов размером до 2.5 мм (рис. 2). Также встречаются индивиды ставролита, образующие цепочки из двух зерен и более, разделенные кварцевым агрегатом первой и второй генерации. Часть зерен ставролита, слагающих цепочки, имеют симметричное, иногда волнистое погасание при включенном анализаторе, что свидетельствует о дроблении первичных индивидов. Порфириобласты минерала как идиоморфные, так и с индукционными поверхностями, являющимися результатом совместного роста с кварцем первой генерации. Цвет минерала в породе темно-коричневый, в шлифах плеохроирует в зеленовато-желтовато-коричневых тонах. Часто вытянутые зерна ставролита разбиты большим количеством трещин. Минерал содержит многочисленные включения фторопатита, кварца, реже лейсты хлорита. Микросондовым анализом в ставролите установлено большое количество ZnO – 3.93–4.55 мас. % (табл. 1). Среди примесей в минерале присутствуют, мас. %: MgO – до 1.51, V₂O₃ – до 1.06, TiO₂ – до 0.78, MnO – до 0.27. Какой-либо закономерности распределения примесей в зернах ставролита не обнаружено. В табл. 1 приведены кристаллохимические формулы ставролита. При пересчете на формульные единицы содержание Zn в ставролите занимает до 25 % позиции Fe, замещающая его. Ставролит с высоким содержанием примеси ванадия в литературе мы не встретили, но указывается, что ванадий входит в позицию алюминия в кристаллохимической формуле минерала [Hawthorne et al., 1993].

Таким образом, в работе, возможно, описана первая для Урала находка цинксодержащего ставролита с высоким содержанием цинка (ZnO = 3.93–4.55 мас. %), который встречен в лейкосомах кианитовых гнейсов Сысертского метаморфического комплекса. Ставролит является индикатором высокоглиноземистых метапеллитов, и его возникновение характерно для начала перехода от зеленосланцевой фации к эпидот-амфиболитовой и ам-

Таблица 1. Химический состав ставролита, мас. %

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	27.41	27.14	27.34	26.80	27.07	27.17	26.60	27.22	26.51	27.26	27.21
TiO ₂	0.69	0.64	0.68	0.70	0.64	0.74	0.67	0.78	0.64	0.72	0.68
Al ₂ O ₃	52.59	51.68	52.28	51.67	51.95	52.13	51.97	52.46	52.79	52.81	52.07
Cr ₂ O ₃	0.08	0.09	0.07	0.19	0.07	0.17	0.07	0.20	0.10	0.03	0.08
V ₂ O ₃	0.97	0.99	0.98	1.01	1.06	0.99	1.04	1.03	0.88	0.99	1.00
FeO	9.99	10.77	10.20	10.68	10.57	10.57	10.51	10.41	10.03	10.09	10.65
MnO	0.25	0.26	0.26	0.22	0.27	0.24	0.22	0.25	0.25	0.17	0.24
MgO	1.45	1.51	1.28	1.31	1.45	1.34	1.19	1.24	1.14	0.72	1.41
CaO	0.01	0.02	–	–	0.01	0.01	0.01	–	–	0.01	–
NiO	0.02	0.03	0.02	0.06	–	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.02
CoO	–	0.01	–	0.02	0.02	–	0.14	–	–	0.02	0.11
ZnO	4.05	4.08	4.39	4.55	4.30	3.99	4.53	4.20	4.55	4.51	3.93
K ₂ O	0.02	0.01	–	0.01	–	–	0.01	–	0.01	–	–
Сумма	97.53	97.23	97.50	97.22	97.41	97.38	97.00	97.83	96.94	97.38	97.40

Кристаллохимические формулы ставролита



Примечание. Анализы выполнены в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН на микроанализаторе САМЕСА SX 100, аналитик А.В. Михеева. Прочерк – содержание элемента ниже 0.01 мас. %. Кристаллохимические формулы рассчитаны на идеальную формулу Fe₂Al₆Si₄O₂₂(OH)₂ [Флейшер, 1990].

фиболитовой фации метаморфизма. В нашем случае цинксодержащий ставролит найден в кианитовых гнейсах, образованных в условиях амфиболитовой фации метаморфизма. Метакристаллы ставролита росли одновременно с зернами кварца первой генерации, впоследствии породы претерпели интенсивную деформацию, о чем свидетельствуют дробление индивидов ставролита и частичная перекристаллизация кварца. По нашим данным [Пономарев и др., 2017], возраст кианитовых гнейсов шумихинской свиты Сысертского комплекса – раннепермский.

Автор выражает глубокую признательность ведущему научному сотруднику ИГГ УрО РАН Ю.В. Ерохину за ценные советы.

Работа выполнена в рамках комплексной Программы УрО РАН, проект № 15-18-5-15.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кейльман Г.А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 200 с.

Кочеткова К.В., Ковалев К.Р., Ковалева Л.Т. О цинксо-держателем ставролите Холодинского месторождения (Северное Прибайкалье) // Докл. АН СССР. 1979. Т. 246, № 2. С. 452–455.

Месторождения антофиллит-асбеста СССР / под ред. И.Ф. Романовича. М.: Недра, 1976. 247 с.

Мец О.Ф., Полежаева Л.И., Богданова А.Н. Цинксо-держателем ставролит из слодоносных пегматитов Кольского полуострова // ЗРМО. 1983. Вып. 2. С. 208–212.

Минералы. Силикаты с одиночными и двояными кремнекислородными тетраэдрами: справочник. Т. 3, вып. 1. М.: Наука, 1972. 883 с.

Нерадовский Ю.Н., Войтеховский Ю.Л., Савченко Е.Э. Цинксо-держателем ставролит из кианитовых сланцев в кейвах (Кольский п-ов) // ЗРМО. 2011. № 6. С. 100–104.

Пономарев В.С., Кувшинский А.С. Гранат и ставролит из метаморфических пород Гранатовой копи Сысертского района (Природный парк “Бажовские места”, Средний Урал) // Вестн. Урал. отд. Минералогического о-ва. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2013. № 10. С. 83–88.

Пономарев В.С., Хиллер В.В., Ерохин Ю.В. Th-U-Pb-датирование монацита из кианитовых гнейсов Сысертского метаморфического комплекса (Средний Урал) // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2017. № 3.

- С. 61-65.
- Тарновский Г.Н.* Цинксодержащий ставролит из пегматитов и гидротермалитов Восточной Сибири // Вопросы минералогии и геохимии месторождений Восточной Сибири. Иркутск: ИГ СО АН СССР, 1973. С. 70–76.
- Флейшер М.* Словарь минеральных видов: пер. с англ. М.: Мир, 1990. 206 с.
- Hawthorne F.C., Ungaretti L., Oberti R., Caucia F., Callegari A.* The crystal-chemistry of staurolites. Local order and chemical composition // *Canad. Miner.* 1993. V. 31. P. 597–616.
- Soto J.I., Azanon J.M.* Zincian staurolite in metabasites and metapelites from the Betic Cordillera (SE Spain). *Neues Jahrb // Mineral. Abh.* 1994. V. 168. P. 109–126.