

## **АКЦЕССОРНЫЕ СУЛЬФИДЫ КЕМПИРСАЙСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА, ЮЖНЫЙ УРАЛ**

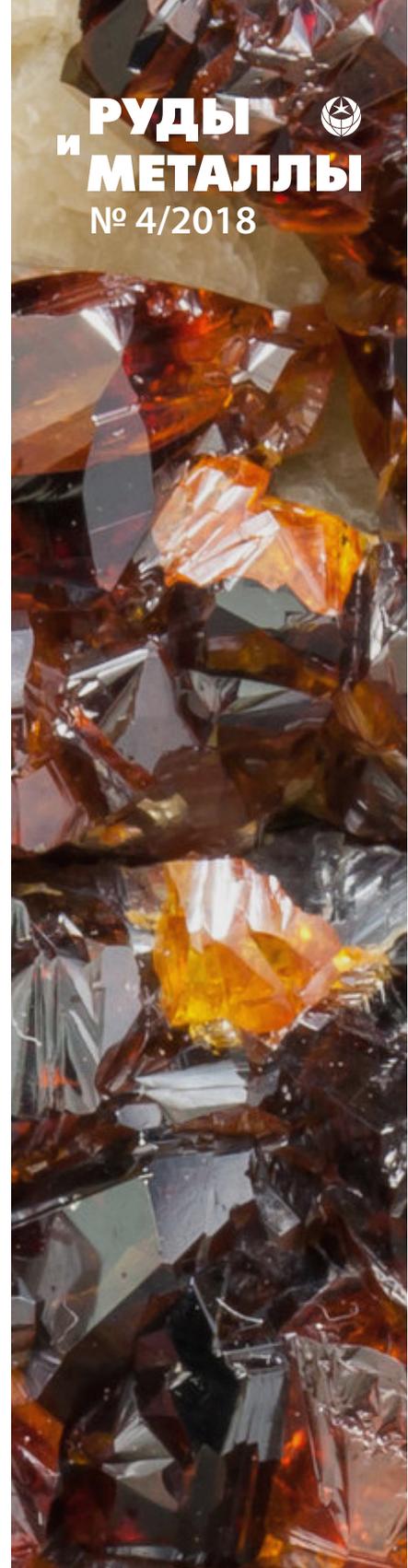
*Объект исследования – акцессорные сульфиды из дунитов и массивных хромититов хромитового месторождения Алмаз-Жемчужина, расположенного на Южном Урале в пределах Кемпирсайского ультрамафитового массива. Выявлены три генетические группы сульфидов, связанные с различными процессами становления и преобразования вмещающих их ультрамафитов. Охарактеризованы типоморфные и химические особенности сульфидов.*

*Ключевые слова: Южный Урал, Кемпирсайский массив, ультрамафиты, акцессорные сульфиды, химизм, генезис.*

Ультрамафитовые реститовые массивы преимущественно дунит-гарцбургитового состава являются частью мафит-ультрамафитовых поясов складчатых областей. В последние десятилетия своеобразие их генезиса (мантийная природа образования, связь с ранними этапами развития складчатых сооружений) и особенности рудоносности (промышленная хромитоносность, асбестоносность, никеленосность латеритного типа, включение благородно-металльной минерализации) всё больше привлекают внимание исследователей. Среди рудных минералов реститовых ультрамафитов наиболее хорошо изучены хромшпинелиды, в меньшей степени минералы ЭПГ [2, 4, 5, 8–11, 17, 19, 21, 24], остальные, в частности сульфиды, в литературе освещены слабее.

Трудности в диагностике сульфидов связаны с их малыми размерами (10–40 мкм, редко до 2 мм) и весьма незначительным содержанием в породах (0,01–0,2%). С помощью рентгеноспектрального микроанализа [25] в образцах ультрамафитов (дунитов и хромититов), отобранных в карьере «Объединённый» крупнейшего в мире хромитового месторождения Алмаз-Жемчужина (Кемпирсайский ультрамафитовый массив), автором изучена акцессорная сульфидная минерализация. Приведена типизация этих минералов по химическому составу, сделано предположение об условиях и механизме их формирования. Сульфиды ЭПГ из пород массива, ранее детально охарактеризованные в работах [2, 6, 13], автором не рассматриваются.

Кемпирсайский массив – самый большой массив ультрамафитов на юге Урала – хорошо известен благодаря уникальным месторождениям хромитов в его пределах. Он входит в состав Южно-Уральского ультрамафитового пояса, который служит продолжением мафит-ультрамафитового платиноносного пояса Среднего и Северного Урала и составной частью крупного Сакмарского аллохтона. Последний представляет собой реликт океанической коры раннепалеозойского возраста, шарьированный на восточную окраину Восточно-Европейского палеоконтинента в средне-, позднепалеозойское время [2, 23].



**Юричев  
Алексей Николаевич**

доцент  
juratur@sibmail.com

Национальный исследовательский  
Томский государственный университет,  
г. Томск

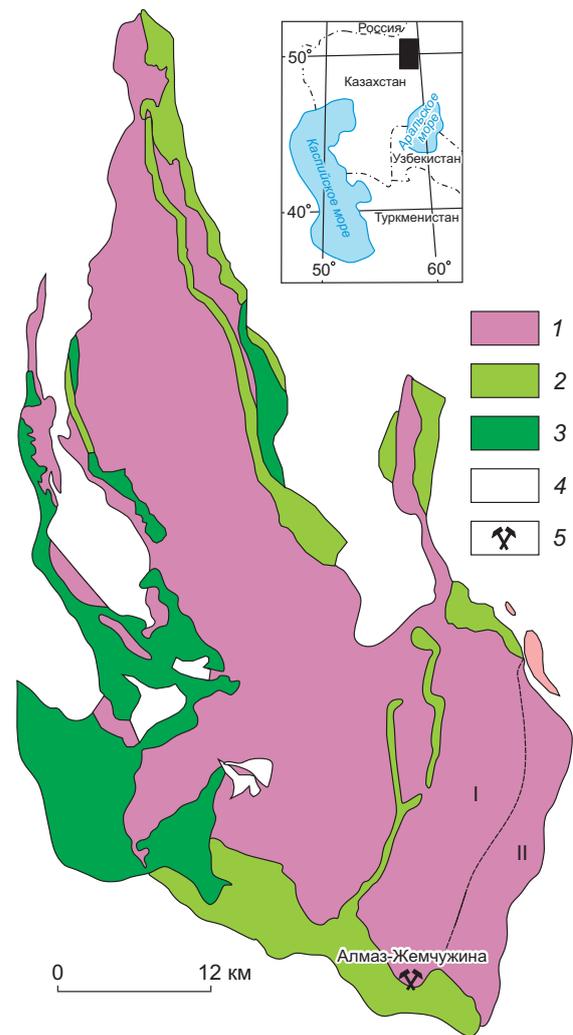


На современном эрозионном срезе Кемпирсайский массив имеет вытянутую грушевидную форму, резко расширяющуюся в южной части (от 0,6 на севере до 31,6 км на юге). Общая площадь его >900 км<sup>2</sup>. Контакты массива с вмещающими девонскими, ордовикскими и докембрийскими породами тектонические (рис. 1).

Северная и центральная части массива сложены в основном гарцбургитами, энстатитовыми дунитами с подчинённым количеством плагиодунитов, пироксенитов, верлитов и плагиоверлитов, по периферии распространены габброиды (габбро, габбронориты, оливинное габбро). В южной и юго-восточной частях выделяются две субмеридиональные зоны (Западная и Восточная), сформированные из крупных тел массивных дунитов, залегающих среди пород шлирово-полосчатого комплекса, энстатитовых дунитов и гарцбургитов с подчинёнными верлитами и лерцолитами [7]. В пределах этих зон расположены основные хромитовые месторождения, образующие Главное (Южно-Кемпирсайское) рудное поле.

Хромитовые месторождения обычно состоят из серии сближенных линзовидных и реже жилкообразных рудных тел, протяжённость которых варьирует от первых десятков метров до ~1,5 км при мощностях от первых метров до ~150 м. Рудные тела образованы преимущественно массивными хромититами, состоящими на 90–95% из грубо-, крупнозернистого агрегата зёрен хромшнелидов и небольшого количества карбонатов и вторичных силикатов (серпентина, киммерерита, уваровита) в интерстициях зёрен. В периферийных частях рудных тел, помимо руд массивного текстурного типа, распространены также нодулярные и густовкрапленные, которые быстро выклиниваются на расстоянии [13].

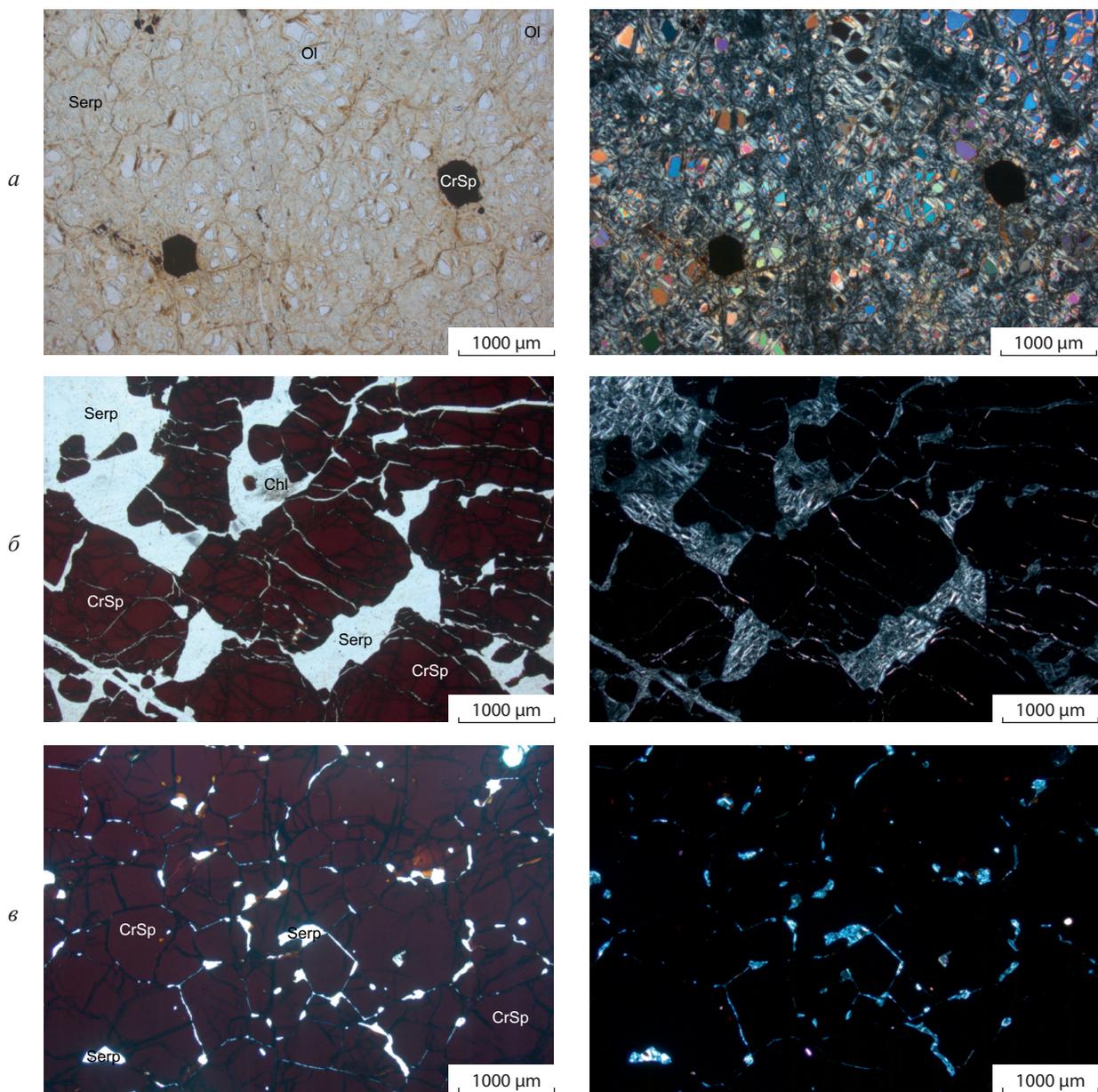
В соответствии с задачами настоящего исследования использовались традиционные методы минераграфического изучения рудных минералов – определение химического состава фаз рентгеновским микроанализом с применением электронной микроскопии [25]. Последняя включала изучение отдельных зёрен сульфидов и их агрегатов на электронном сканирующем микроскопе Tescan Vega II LMU, оборудованном энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 350 (с детектором Si(Li) Standard) и волнодисперсионным спектрометром INCA Wave 700, в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ (г. Томск,



**Рис. 1. СХЕМАТИЗИРОВАННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА КЕМПИРСАЙСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА [7, 14, с корректировками автора]:**

1 – дунит-гарцбургит-лерцолитовая серия; 2 – клинопироксенит-габбровые комплексы; 3 – оливинные и роговообманковые габбро, троктолиты, параллельные диабазовые дайки; 4 – вмещающие вулканогенно-осадочные породы (PR-D); 5 – месторождение Алмаз-Жемчужина; субмеридиональные зоны Главного (Южно-Кемпирсайского) рудного поля: I – Западная, II – Восточная

аналитик Е.В.Корбовяк). Перед исследованием из отобранных образцов дунитов и хромититов изготавливались плоскопараллельные шлифы толщиной 3–4 мм с последующим напылением на изучаемые поверхности слоя углерода (~25–30 нм). Расчёты химических составов проводились по программам INCA-Issue 18b и дополнительным авторским.

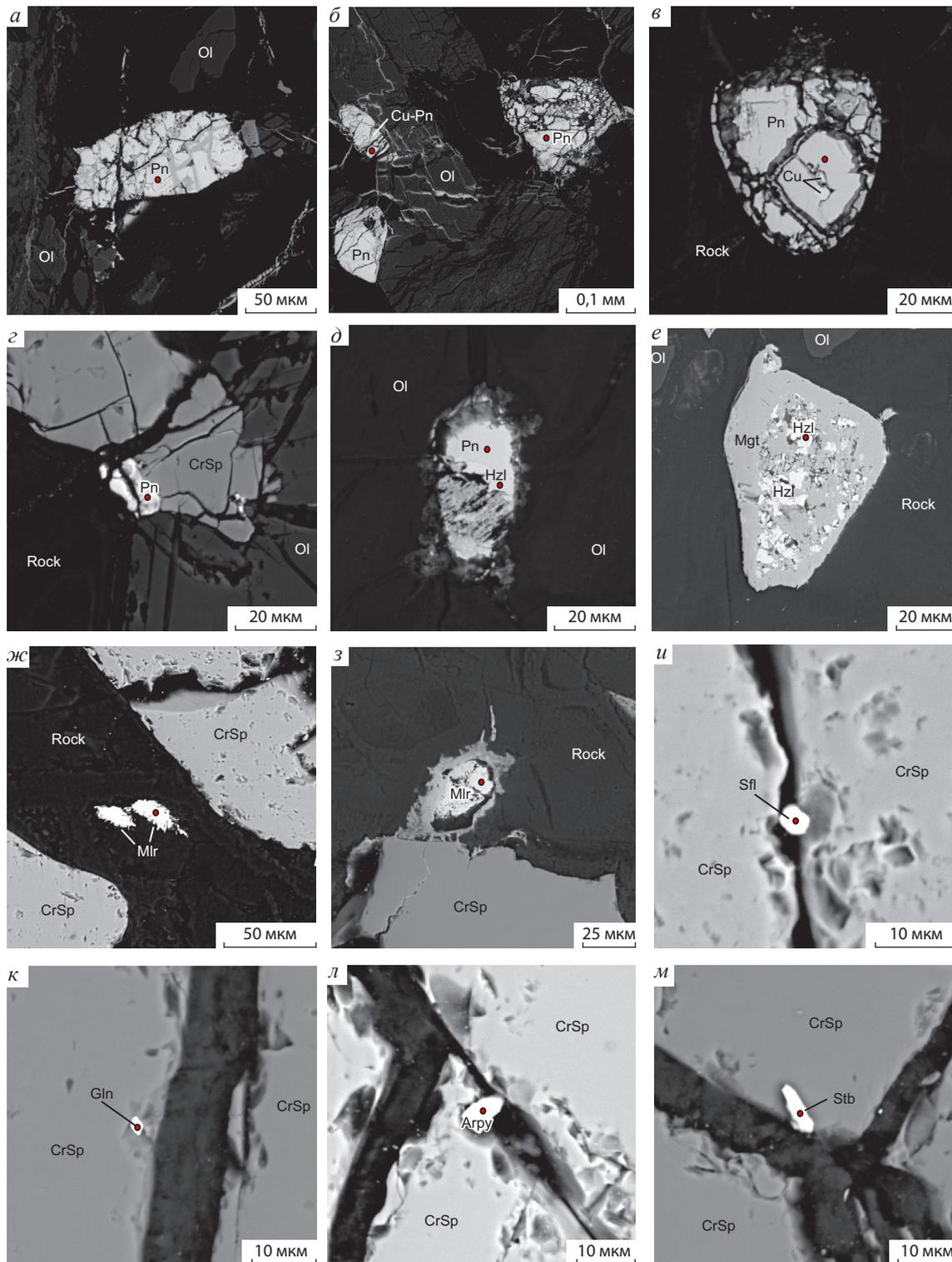


**Рис. 2. РЕСТИТОВЫЕ УЛЬТРАМАФИТЫ КАРЬЕРА «ОБЪЕДИНЁННЫЙ» ХРОМИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗ-ЖЕМЧУЖИНА:**

фото шлифов в проходящем свете при одном (слева) и скрещенных (справа) николях; *a* – дунит; *b* – густовкрапленный хромитит; *в* – сливной хромитит; CrSp – хромшпинелид; Ol – оливин; Serp – серпентин; Chl – хлорит (киммерерит)

Образцы для исследований – дуниты и массивные (густовкрапленные и сливные) хромититы – отбирались из коренных бортов карьера «Объединённый» и керны скважин №№ 820, 939, 947 месторождения Алмаз-Жемчужина. Дуниты имеют крупнозернистую структуру, как правило, интенсивно серпентинизированы. Оливин (количество фаялитовой составляющей  $Fa_{7,6-8,7}$ ) с размером зёрен 3–

5 мм обладает слабо выраженной спайностью, не обнаруживает оптически выраженных признаков пластической деформации и интенсивно замещён петельчатым лизардитом (рис. 2, *a*). Хромшпинелиды (алюмохромиты, реже субферриалюмохромиты и ферриалюмохромиты) чаще всего образуют идиоморфные выделения размером до 1 мм, просвечивающие в тонких срезах красно-бурым цве-



**Рис. 3. АКЦЕССОРНАЯ СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ИЗ РЕСТИТОВЫХ УЛЬТРАМАФИТОВ КЕМПИРСАЙСКОГО МАССИВА (режим BSE):**

*a-e* – дуниты; *ж-м* – массивные хромититы; Pn – пентландит; Hzi – хизлевудит; Mlr – миллерит; Sfl – сфалерит; Gln – галенит; Stb – стибнит; Arpy – арсенопирит; CrSp – хромшпинелид; Ol – оливин; Rock – хлорит-серпентиновый агрегат; красная точка на фото – центр застрела рентгеновского микроанализа химического состава сульфида

том. Их содержание в породе изменяется от 3 до 7%.

Рудные тела месторождения образованы преимущественно массивными хромититами, которые по структурным особенностям разделены на густокрапленные и сливные. Первые состоят на 85–90% из крупнозернистого (3–5 мм) агрегата хромитовых зёрен и сопровождаются небольшим количеством силикатов в интерстициях и силикатных включений в хромите; вторые – на 95–97% из мелко-среднезернистого (0,5–2 мм) преимущественно сплошного агрегата хромитовых зёрен при незначительном содержании силикатов в его пределах (см. рис. 2, б, в). Отдельные образцы полностью выполнены сплошной сливной массой хромитов. В процессе серпентинизации и гидротермальной переработки силикаты в хромититах формируют вторичную ассоциацию, в которой доминируют серпентин и киммерерит (хромистый хлорит). Густокрапленные и сливные хромиты имеют близкий гомогенный состав. Они высокохромисты ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ~62–64%) и высокомагнезиальны ( $\text{MgO}$  ~14–15%).

Выявление сульфидной минерализации в отобранных образцах дунитов и массивных хромититов представилось возможным только при детальном изучении под микроскопом. В ходе диагностики установлены пентландит, хизлевудит, железистый хизлевудит, миллерит, железистый сфалерит, галенит, стибнит и сульфоарсенид – арсенопирит.

*Дуниты.* Сульфиды отмечаются преимущественно в виде изолированных мелких выделений (до 0,25 мм) в интерстициях зёрен оливина или внутри таких зёрен, реже формируют тесные срастания с аксессуарными зёрнами хромшпинелидов. По минеральному составу среди них выделяются пентландит ( $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{S}_8$ ) и железистый хизлевудит ( $(\text{Ni}, \text{Fe})_3\text{S}_2$ ) при подчинённой роли последнего.

Пентландит образует обособленные мелкие тригональные зёрна изометрической и округлой формы размером до 0,25 мм по границам зёрен оливина и мельчайшие (до 0,02 мм) выделения внутри зёрен хромшпинелидов (рис. 3, а–г). В самостоятельных зёрнах отмечается весьма отчётливая октаэдрическая спайность по системе {111}. Нередко минерал встречается в ассоциации с железистым хизлевудитом, иногда образует сростки с аваруитом ( $\text{Ni}_3\text{Fe}$ ). В единичных зёрнах пентландита выявлены микроскопические (до ~4 мкм) включения самородной меди, отвечающие составу:  $\text{Cu}$  ~95–96%,  $\text{Fe}$  ~3–4%,  $\text{Ni}$  ~1% (см. рис. 3, в). В отдельных аншли-

фах вокруг зёрен пентландита интенсивно развита магнетитовая оторочка. Химический состав минерала характеризуется «чистотой», близок своей стехиометрической формуле и одинаков как в самостоятельных зёрнах, так и во включениях в хромшпинелиде (таблица). Выделены несколько зёрен, отнесённых автором по химическому составу к медистому пентландиту (содержание  $\text{Cu}$  до 4%).

Железистый хизлевудит развивается по пентландиту и фиксируется в виде мелкозернистых агрегативных выделений или краевых кайм замещения по данному минералу (см. рис. 3, д, е). В его химическом составе постоянно присутствует изоморфная примесь железа (до 5,5%) (см. таблицу).

*Хромититы.* Сульфиды отмечаются в виде мелких (до 0,03 мм) выделений в интерстициях зёрен хромшпинелидов и внутри их. Автором установлены миллерит ( $\text{NiS}$ ), железистый сфалерит ( $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$ ), галенит ( $\text{PbS}$ ), стибнит ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ), сульфоарсенид – арсенопирит ( $\text{FeAsS}$ ). Ранее также В.В.Дистлером с соавторами были диагностированы пентландит и хизлевудит ( $\text{Ni}_3\text{S}_2$ ) [2].

Пентландит и хизлевудит отличаются по химическому составу от таковых минералов в дунитах и характеризуются широким изоморфизмом между железом, никелем и кобальтом. Последнее обстоятельство позволяет выделить никелистые (содержание  $\text{Ni}$  возрастает до ~37%) и никель-кобальтистые ( $\text{Co}$  до ~7%,  $\text{Ni}$  ~39–40%) разновидности пентландита и кобальтистую ( $\text{Co}$  до ~4%) разновидность хизлевудита. При этом содержание железа в хизлевудите не превышает 0,8% (см. таблицу).

Миллерит – самый распространённый из диагностированных в хромититах сульфидов. Наблюдается преимущественно в интерстициях зёрен хромшпинелидов в виде самостоятельных округлых, удлинённых зёрен или в виде зернистых агрегативных выделений размером до 0,03 мм (см. рис. 3, ж, з). Выделения характеризуются корродированными границами и неправильной формой. В химическом составе минерала нередко присутствует примесь  $\text{Co}$  до 1,15% (см. таблицу).

Остальные выявленные сульфиды в виде мелких (до 0,01 мм) самостоятельных зёрен с чёткими линейными границами встречаются не повсеместно. Они располагаются преимущественно в краевых частях зёрен хромшпинелидов, заполняя каверны и пустотки на гранях последних (см. рис. 3, и–м). Минералы характеризуются беспримесными «чистыми» химическими составами, близкими сте-

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АКЦЕССОРНЫХ СУЛЬФИДОВ ИЗ ДУНИТОВ И МАССИВНЫХ ХРОМИТИТОВ  
КЕМПИРСАЙСКОГО МАССИВА, вес. %**

Минералы	Fe	Ni	Co	Pb	Cu	Zn	Sb	As	S	Сумма	Фото на рис. 3	
<b>Дуниты</b>												
Пентландит	Самостоятельные зёрна в силикатной матрице											
	31,58	34,73	–	–	–	–	–	–	33,69	100		
	31,43	34,49	–	–	–	–	–	–	34,08	100		
	32,33	34,32	–	–	–	–	–	–	33,35	100		
	32,66	33,76	–	–	–	–	–	–	33,58	100	<i>б</i>	
	33,43	33,07	–	–	–	–	–	–	33,51	100,01	<i>в</i>	
	33,27	33,12	–	–	–	–	–	–	33,60	99,99		
	32,67	33,77	–	–	–	–	–	–	33,55	99,99	<i>а</i>	
	32,09	32,76	1,89	–	–	–	–	–	33,26	100	<i>д</i>	
	33,17	29,74	–	–	3,80	–	–	–	33,28	99,99	<i>б</i>	
		Включения в зёрнах хромшпинелидов										
		30,73	34,20	–	–	–	–	–	–	34,22	99,15	
	35,57	31,39	–	–	–	–	–	–	31,78	98,74	<i>з</i>	
Железистый хизлевудит	Мелкозернистые агрегативные выделения и каймы замещения											
	5,02	68,31	–	–	–	–	–	–	26,67	100		
	5,24	67,91	–	–	–	–	–	–	26,85	100	<i>е</i>	
	3,83	68,91	–	–	–	–	–	–	25,99	98,73	<i>д</i>	
	4,12	69,31	–	–	–	–	–	–	26,58	100,01		
<b>Хромититы</b>												
Пентландит, по [2]	Самостоятельные зёрна в интерстициях											
	31,00	37,15	–	–	–	–	–	–	31,61	99,76		
	30,05	36,70	0,30	–	–	–	–	–	31,67	98,72		
	20,92	39,20	6,54	–	–	–	–	–	32,13	98,79		
	20,70	38,65	6,80	–	–	–	–	–	32,62	98,77		
Хизлевудит, по [2]	Мелкозернистые агрегативные выделения в интерстициях											
	0,75	71,18	0,05	–	–	–	–	–	25,92	97,90		
	0,68	72,06	0,08	–	–	–	–	–	26,18	99,00		
	0,85	68,73	0,12	–	–	–	–	–	31,31	101,01		
	0,78	66,21	4,87	–	–	–	–	–	26,34	98,20		
Миллерит	Самостоятельные зёрна и агрегативные выделения в интерстициях											
	0,73	62,78	–	–	–	–	–	–	35,85	99,35		
	0,69	63,09	–	–	–	–	–	–	36,24	100,02	<i>ж</i>	
	1,50	63,70	–	–	–	–	–	–	34,51	99,71	<i>з</i>	
	0,39	61,87	1,14	–	–	–	–	–	35,79	99,19		
	0,39	62,53	0,56	–	–	–	–	–	35,97	99,45		
Fe-сфалерит	Включения в зёрнах хромшпинелидов											
	6,40	–	–	–	–	62,25	–	–	31,35	100	<i>и</i>	
Галенит	Включения в зёрнах хромшпинелидов											
	–	–	–	86,29	–	–	–	–	13,71	100	<i>к</i>	
	–	–	–	86,26	–	–	–	–	13,40	99,66		
Стибнит	Включения в зёрнах хромшпинелидов											
	–	–	–	–	–	–	72,78	–	27,22	100	<i>м</i>	
	–	–	–	–	–	–	70,84	–	28,73	99,57		
Арсенопирит	Включения в зёрнах хромшпинелидов											
	34,26	–	–	–	–	–	–	44,38	20,63	99,28	<i>л</i>	
	34,91	–	–	–	–	–	–	45,58	19,64	100,13		

хиометрическим, за исключением сфалерита, в составе которого наблюдается изоморфная примесь железа (до 6,4%) (см. таблицу). Автором подчёркнуто, что данная минерализация часто тяготеет к наиболее катаклазированным (раздробленным) участкам хромититов.

*Выводы.* Сульфидная минерализация в реститовых ультрамафитах Урала изучена слабо, а при исследовании хромитовых руд ей практически не уделялось должного внимания. Проведённые исследования позволили получить некоторые новые данные по минералогии и распределению сульфидной минерализации в дунитах и массивных подформных хромититах Кемпирсайского ультрамафитового массива.

Преобладающие акцессорные сульфидные минералы ультрамафитов Кемпирсайского массива – сульфиды Fe, Ni и Co. По химическому составу и типоморфным особенностям их можно разделить на три парагенетические ассоциации, связанные с различными процессами становления и преобразования вмещающих их ультрамафитов.

Сульфиды первой генетической группы, очевидно, являются «первично мантийными» и отмечаются преимущественно в дунитах в виде включений в хромшпинелидах, а также мелких самостоятельных рассеянных зёрен в основной матрице породы. К ним среди изученных в данной работе сульфидных минералов относятся собственно пентландиты.

Сульфиды второй парагенетической ассоциации выявлены как в изменённых дунитах, так и в массивных хромититах. Они представлены никелистым и никель-кобальтистым пентландитами, железистым и кобальтистым хизлевудитами и миллеритом. Формирование данных минералов автор склонен связывать с массовой лизардитизацией хромититов и включающих их дунитов во время регрессивного регионального метаморфизма [16, 22], когда высвобождавшиеся при серпентинизации оливинов никель и кобальт соединялись с серой гидротермальных растворов и кристаллизовались главным образом в виде сульфидов системы Fe–Ni–Co–S. Особенность этой минеральной ассоциации заключается в том, что в ней присутствуют в основном сульфиды никеля и железа (при подчинённой роли последнего) с высокой изоморфной примесью кобальта и почти полностью отсутствуют медьсодержащие сульфиды. Медь, отмеченную в первичных пентландитах из дунитов

в качестве самородной фазы (см. рис. 3, в), автор также склонен связывать с процессами формирования второй ассоциации. В пользу данного вывода свидетельствуют результаты исследований А.Б.Макеева [5], который в альпинотипных ультрамафитах Полярного Урала (Сыум-Кеуский, Рай-Изский, Войкаро-Сыньинский массивы) также выделял акцессорную сульфидную генерацию с подобными химическими характеристиками – отсутствием медьсодержащих фаз сульфидов и наличием мельчайших выделений самородной меди.

Характерная черта сульфидного парагенезиса второй генерации – широкое развитие процессов взаимодиффузии компонентов на границах сростаний зёрен разных минералов, что приводит к возникновению редких разновидностей сульфидных минералов (никелистого и никель-кобальтистого пентландитов, железистого хизлевудита и др.), а также частая ассоциация с самородными медью и серебром. Низкий потенциал серы в данных сульфидах и их ассоциация с самородными металлами указывают на восстановительные условия минералообразования.

Как установлено ранее для реститовых ультрамафитов Урала [2, 5], нередко в химическом составе сульфидов второй парагенетической ассоциации из массивных хромититов отмечаются примеси тугоплавких ЭПГ, которые, вероятно, в процессе регрессивного регионального метаморфизма высвобождались гидротермальными растворами из «первично мантийных» высокотемпературных твёрдых растворов Os–Ir–Ru и находящихся с ними в равновесии дисульфидов ряда лаурит–эрликманит ( $RuS_2$ – $OsS_2$ ) с последующим вхождением в состав вновь кристаллизующихся сульфидов. Так, в сульфидах данной генерации (никелистом и никель-кобальтистом пентландитах, миллерите, хизлевудите) из массивных хромититов Кемпирсайского массива В.В.Дистлером с соавторами [2] ранее обнаружены содержания Ir (до 0,25%) и Rh (до 0,23%). Однако в химических составах изученных автором миллеритов диагностировать эти элементы не удалось, что, возможно, связано с ограниченной выборкой проанализированных зёрен.

Особняком стоят железистый сфалерит, галенит, стибнит и сульфоарсенид – арсенопирит, выявленные в агрегате катаклазированных хромитов в массивных хромититах и отнесённые автором к третьей парагенетической ассоциации. Характер-

ная особенность данной ассоциации – накопление редких, «нетипичных», для реститовых ультрамафитов элементов (Zn, Pb, Sb), которые выступают не в качестве примесей, а становятся минералообразующими. Появление данной ассоциации автор предположительно связывает с процессом ремобилизации элементов под воздействием просачивающихся более поздних наложенных флюидов, богатых летучими (S, As) и цветными элементами. Этим же процессом объясняются привнос меди и её присутствие в более поздних вторичных минералах ЭПГ [2].

Сравнительный анализ кемпирсайских акцессорных сульфидных минералов и сульфидов из реститовых ультрамафитов Восточного и Западного Саянов, Полярного Урала и Тывы [1, 5, 15, 18, 20] показывал, что их составы в целом близки, но различаются полнотой минерального набора сульфидов, входящих в парагенетические ассоциации. Эта особенность, по-видимому, обуславливается спецификой исходного рестита, химизмом среды и флюидного режима формирования каждого конкретного геологического объекта. Так, первая парагенетическая ассоциация в кемпирсайских дунитах представлена только пентландитами при от-

сутствии сульфидов меди, что связано, вероятно, с резким дефицитом данного элемента в исходном рестите. Появление отдельных мельчайших обособлений самородной меди в пентландитах, а также медистой разновидности пентландита (содержание Cu до 4%) автор связывает с процессами формирования второй парагенетической ассоциации сульфидов – массовой лизардитизацией во время регрессивного регионального метаморфизма, создавшей предпосылки для мобилизации меди из большого объёма субстрата, содержащего её в состоянии рассеяния. Дальнейшее появление значимых содержаний меди в составе благородно-металльной рудной минерализации (металлические твёрдые растворы состава Cu–Os–Ru и Cu–Ir, сульфиды ЭПГ с цветными металлами) [2, 13], очевидно, обусловлено привносом данного элемента более поздними наложенными флюидами. Последние также способствовали ремобилизации тугоплавких ЭПГ и других цветных металлов [3, 12]. Не исключено, что такие более поздние события могли быть вызваны повторными процессами частичного плавления и инъецированием новообразованного расплава в уже сформированные реститы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волченко Ю.А. Сульфидная и самородная минерализация в гипербазитах и хромитовых рудах // Строевание, эволюция и минерогения гипербазитового массива Рай-Из. Свердловск, 1990. С. 207–216.
2. Дистлер В.В., Крячко В.В., Юдовская М.А. Условия образования оруденения платиновых металлов в хромитовых рудах Кемпирсайского рудного поля // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 1. С. 44–74.
3. Киселева О.Н., Агафонов Л.В., Цимбалист В.Г. Распределение элементов платиновой группы и генезис ультрабазитов, хромитовых руд Оспинско-Китойского и Харанурского массивов (Восточный Саян) // Изв. Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 5. № 1. С. 157–175.
4. Леснов Ф.П., Подлипский М.Ю., Поляков Г.В., Палеский С.В. Геохимия акцессорных хромшпинелидов из пород Эргакского хромитоносного гипербазитового массива и условия его формирования (Западный Саян) // ДАН. 2008. № 5. С. 660–664.
5. Макеев А.Б. Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. – СПб.: Наука, 1992.
6. Минералы платиновых металлов в хромититах Кемпирсайского массива, Южный Урал / В.В.Дистлер, Ю.А.Волченко, В.В.Крячко и др. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. № 11. С. 113–117.
7. Павлов Н.В., Григорьева И.И. Месторождения хрома // Рудные месторождения СССР. М., 1974. Т. 1. С. 168–220.
8. Перевозчиков Б.В., Плотников А.В., Макиев Т.Т. Природа вариаций состава рудной и акцессорной хромшпинели ультрабазитового массива Сьум-Кеу (Полярный Урал) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2007. № 4. С. 32–39.
9. Платиноиды хромитоносных массивов Полярного Урала / Л.И.Гурская, Л.В.Смелова, Л.Р.Колбанцев и др. – СПб.: Изд-во СПб. картографической ВСЕГЕИ, 2004.
10. Савельев Д.Е., Сначев В.И. Бедновкрапленные хромовые руды Южного Урала и перспективы их практического использования // Руды и металлы. 2012. № 2. С. 36–40.
11. Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008.
12. Состав и эволюция платинометалльной минерализации в хромитовых рудах Ильчирского офиолитового комплекса (Оспино-Китойский и Харанурский массивы, Восточный Саян) / О.Н.Киселева, С.М.Жмо-

- дик, Б.Б. Дамдинов и др. // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 2. С. 333–349.
13. Талхаммер Т.В. Ассоциации минералов платиновой группы в массивных хромитовых рудах Кемпирсайского офиолитового комплекса (Южный Урал) как проявление мантийного метасоматоза // Записки Всероссийского минералогического общества. 1996. Ч. СХХV. № 1. С. 25–36.
  14. Чащухин И.С., Вотяков С.Л. Поведение элементов семейства железа, оксидбарометрия и генезис уникальных хромитовых месторождений Кемпирсайского массива // Геология рудных месторождений. 2009. Т. 51. № 2. С. 140–156.
  15. Щербакова А.В. Геологическое строение и особенности попутной сульфидной минерализации хромитовых месторождений Полярного Урала: Автореф. дисс... канд. геол.-минер. наук. – М., 2000.
  16. Юричев А.Н. Акцессорные сульфиды из реститовых ультрамафитов // Руды и металлы. 2015. № 2. С. 29–35.
  17. Юричев А.Н. Акцессорные шпинелиды из ультрамафитов: индикаторы условий формирования // Руды и металлы. 2013. № 6. С. 30–34.
  18. Юричев А.Н. Калнинский ультрамафитовый массив Западного Саяна: рудная минерализация и ее генетическая природа // Изв. ТПУ. 2015. Т. 326. № 2. С. 61–69.
  19. Юричев А.Н. Рудные хромшпинелиды массивов Сыум-Кеу и Харчерузский: химизм и генетическая природа, Полярный Урал // Руды и металлы. 2017. № 2. С. 51–59.
  20. Юричев А.Н., Чернышов А.И. Рудная минерализация идарского дунит-гарцбургитового комплекса (Северо-Запад Восточного Саяна) // Изв. ТПУ. 2012. Т. 321. № 1. С. 69–75.
  21. Aswad K.J.A., Aziz N.R.H., Koyi H.A. Cr-spinel compositions in serpentinites and their implications for the tectonik history of the Zagros Suture Zone, Kurdistan Region, Iraq // Geological magazine. 2011. Vol. 148. P. 802–818.
  22. Economou M.I., Naldrett A.J. Sulfides associated with podiform bodies of chromite at Tsangli, Ermetria, Greece // Miner. Deposits. 1984. Vol. 19 № 4. P. 289–297.
  23. Melher F., Stumpfl E.F., Distler V.V. Chromite deposits of the Kempirsai massif, southern Urals, Kazakhstan // Inst. Mining Metall. 1994. Vol. 103. P. 107–120.
  24. Power M.R., Pirrie D., Andersen J.C., Wheeler P.D. Testing the validity of chrome spinel chemistry as a provenance and petrogenetic indicator // Geology. 2000. Vol. 28. P. 1027–1030.
  25. Reed S.J.B. Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology. – N.Y.: Cambridge University Press, 2005.

## ACCESSORY SULFIDES OF THE KEMPIRSAL ULTRAMAFIC MASSIF, SOUTHERN URAL

A.N.Yurichev (Tomsk State University, Tomsk)

*Studies were performed for accessory sulfides from dunites and massive chromitites occurring at Almaz-Zhemchuzhina chromite deposit of the Kempirsai ultramafic massif which is the largest massif of restitic ultramafites in the Southern Ural. Three genetic groups of sulphides associated with various processes of their host ultramafic rocks formation and transformation have been identified. Typomorphic and chemical features of sulfides are characterized.*

*Key words: Southern Ural, Kempirsai massif, ultramafites, accessory sulphides, chemistry, genesis*

