

## ХРОМИСТЫЙ ГЛАГОЛЕВИТ – ТИПОМОРФНЫЙ МИНЕРАЛ ПЛАТИНОНОСНЫХ ХРОМИТИТОВ НИЖНЕТАГИЛЬСКОГО МАССИВА

© 2013 г. А. В. Морозова, Д. А. Замятин, С. П. Главатских

Нижнетагильский дунит-клинопироксенитовый массив расположен в 60 км юго-западнее Нижнего Тагила, в окрестностях пос. Уралец. Он состоит из дунитового ядра, площадью около 30 кв. км, окруженного маломощной клинопироксенитовой оторочкой. Простота его внутреннего строения и практически полное отсутствие габброидов позволили А.А. Ефимову отнести его к автономному типу дунит-клинопироксенитовых массивов Платиноносного пояса Урала [4]. Известность Нижнетагильский массив получил благодаря коренным хром-платиновым месторождениям, обнаруженным среди дунитов более ста лет назад [3, 5]. Эти рудные месторождения, а главное, многочисленные мелкие хромитовые шпирь, обогащенные платиноидами, являются источниками уникальных платиновых россыпей Нижнетагильского района, которые разрабатываются до настоящего времени уже почти 200 лет.

Основные представления о геологическом положении рудных хром-платиновых месторождений массива, о взаимоотношениях руд с вмещающими дунитами, о составе руд, последовательности и условиях формирования были сформулированы А.Н. Заварицким и А.Г. Бетехтиным в начале прошлого века на основе проводимых ими исследований, сопровождающих геологоразведочные и опытно-эксплуатационные работы [2, 5]. Они показали, что наиболее богатые платиноидами хромититы формировались на позднемагматической или пневматолитовой стадии с участием флюидных компонентов в практически полностью консолидированных дунитах. По отношению к рудовмещающим дунитам этот тип хромититов получил название эпигенетический, в противоположность сингенетическим хромитам, не несущим богатой платиновой минерализации. В дальнейшем было показано, что, по сравнению с сингенетическими хромититами и вмещающими их дунитами, эпигенетические хромититы характеризуются более низкими температурами оливин-хромитового равновесия и более высокой окисленностью, что определяется влиянием флюида на процесс рудообразования [10]. Эти результаты объясняют постоянное присутствие в платиноносных хромититах разнообразных флюидсодержащих и относительно низкотемпературных минералов, таких как флогопит, хлорит, серпентин, цеолиты, кальциевые гранаты, апатит, карбонаты и другие, которые описывались

многими исследователями [1, 2, 5, 7 и ссылки в этих работах]. Известно, что элементы платиновой группы и хром могут образовывать легко растворимые комплексные соединения со щелочами, галогенами и другими компонентами флюидных систем. Флюидсодержащие минералы, богатые щелочами, могут служить индикатором, условий образования хром-платинового оруднения.

Особый интерес среди этих минералов представляет глаголевит, или, точнее – его хромистая разновидность, поскольку его образование напрямую связано с присутствием щелочных натриевых флюидов. Глаголевит – минерал из группы хлорита с высоким содержанием  $\text{Na}_2\text{O}$  до 4 мас. %, он был открыт 10 лет назад в метасоматитах Ковдорского щелочно-ультраосновного массива на Кольском полуострове [9]. В хром-платиновых рудах уральских месторождений он был описан годом ранее как необычный натровый хлорит [1], образующий включения в платиноидах, хромшпинелидах и, входящий в состав интерстициальной ассоциации цемента руд. По сравнению с хлоритами он обладал необычными оптическими свойствами, в частности характеризуется аномальными желтыми и светло-оранжевыми цветами интерференции. Позже, когда удалось провести рентгеноструктурные исследования и рассчитать параметры элементарной ячейки, этот минерал был переинтерпретирован как хромистый глаголевит [7, 8]. Однако за последние пять лет больше не было опубликовано новых данных о составе и минеральных ассоциациях глаголевита в хром-платиновых рудах.

Для проведения этих исследований нами были использованы богатые МПГ хромититы, обнаруженные И.А. Готтман в восточном борту Александровского дунитового карьера (рис. 1). Хромититы эпигенетического типа слагают здесь серию шпиров и жил в дунитах и часто содержат в себе их обломки, образуя брекчии (рис. 2). Фрагменты дунитов внутри хромититов полностью серпентинизированы. От вмещающих дунитов хромититы отделяются тонкой зоной серпентинитов. Видимая протяженность шпировой рудной зоны составляет 2–3 м, а суммарная мощность – около 50–60 см. Мощность отдельных шпиров достигает нескольких сантиметров. Количество хромшпинелида в руде составляет 50–80%, а преобладающий размер зерен соответствует интервалу 0.5–2 мм. Интерстиции между хромшпинелидами заполнены сили-

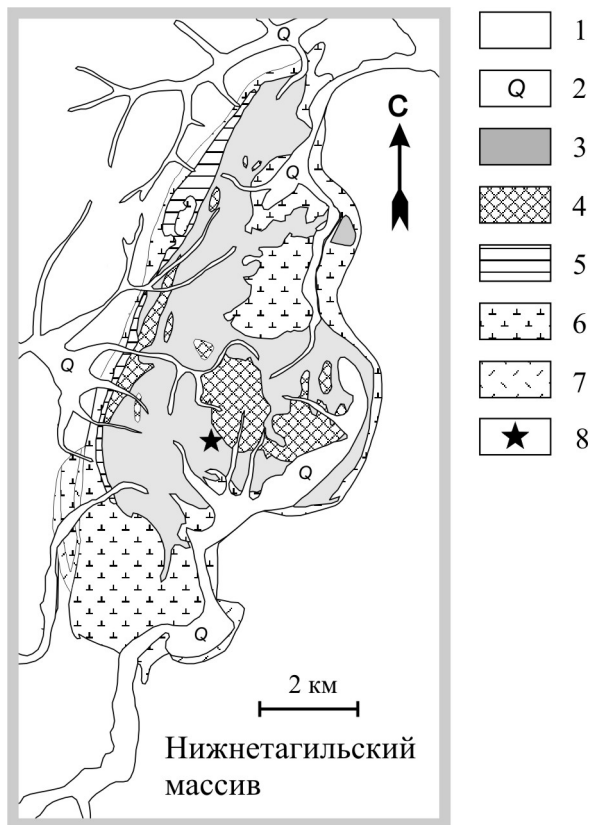


Рис. 1. Схема геологического строения дунит-клинопироксенитового Нижнетагильского массива [6].

1 – вмещающие породы; 2 – четвертичные аллювиальные отложения; 3 – дуниты; 4 – крупнозернистые, перекристаллизованные дуниты; 5 – брусит-антигоритовые породы; 6 – верлиты, клинопироксениты и тылаиты; 7 – габброиды; 8 – место отбора пробы (ПЕ-1129).

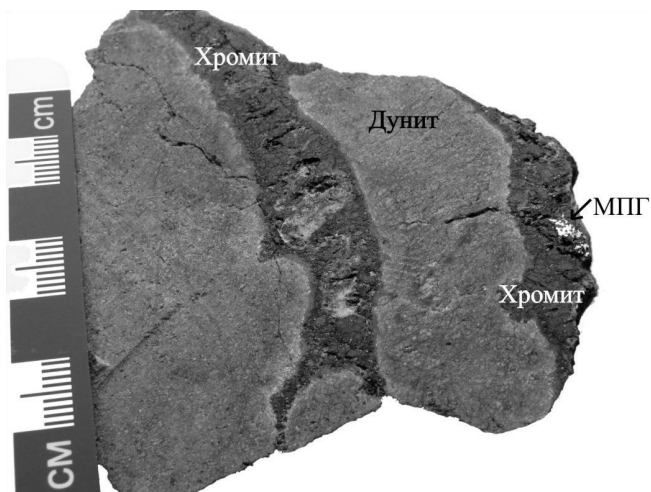


Рис. 2. Морфология эпигенетических хромитов Нижнетагильского массива, обогащенных минералами группы платины.

МПП – минералы группы платины. Фото Е.В. Пушкарева.

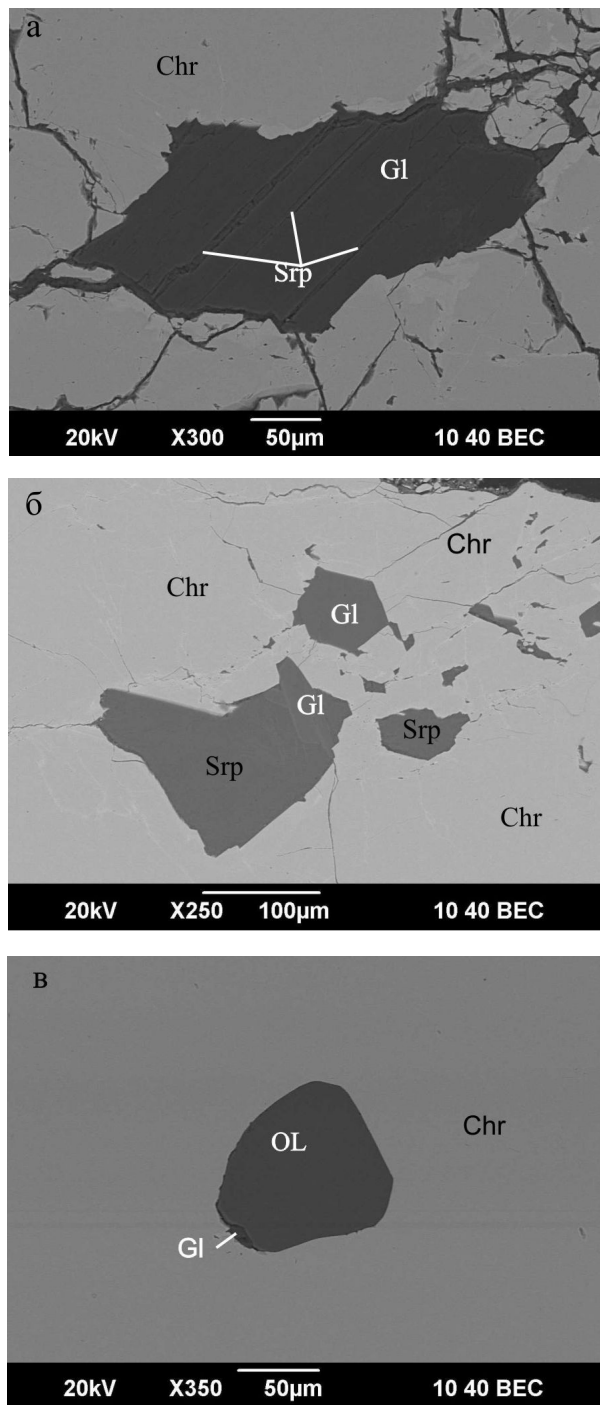
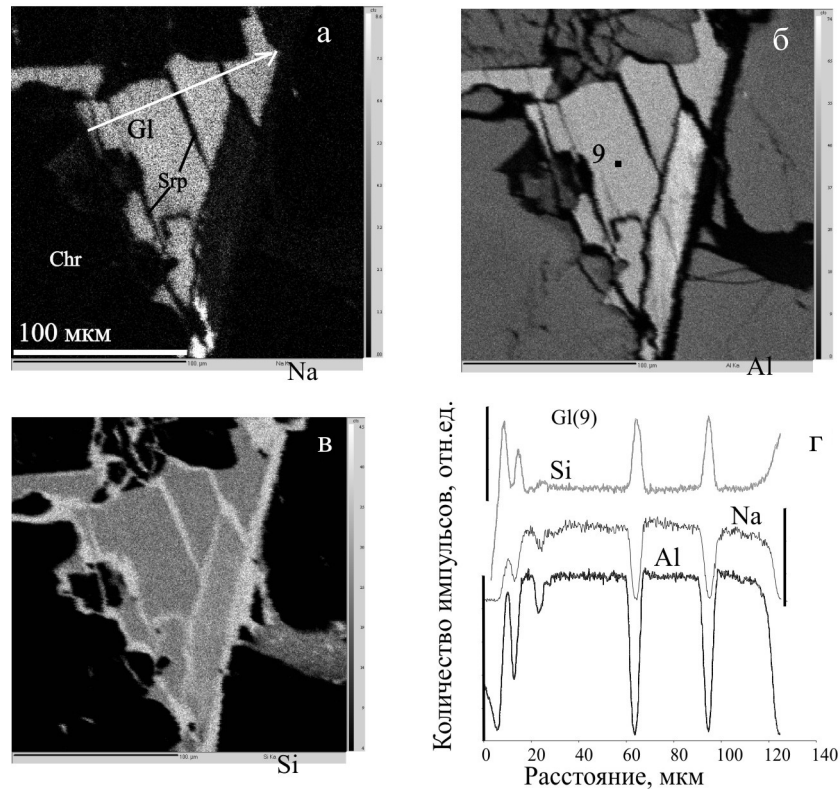


Рис. 3. Микрофотографии глаголевита в платиноносных хромитах Нижнетагильского массива.

а – глаголевит в сростаниях с серпентином заполняет интерстициальное пространство между зернами хромшпинелида; б – глаголевит образует идиоморфные включения в хромшпинелиде; в – глаголевит образует тонкие зоны на границе между включениями хромистого оливина и хромшпинелида-хозяина.

G1 – глаголевит, chr – хромшпинелид, srp – серпентин, ol – оливин. Изображение получено в обратнорассеянных электронах на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV, ЦКП “Геоаналитик”, аналитик С.П. Главатских.



**Рис. 4.** Изображения в характеристических лучах Na (а), Al (б), Si (в) зерна глаголевита с вростками серпентина и микрозондовый профиль через зерно глаголевита с вростками серпентина (г).

Цифра 9 на рисунке соответствует номеру анализа глаголевита в таблице. САМЕСА SX-100, ЦКП “Геоаналитик”, аналитик Д.А. Замятин.

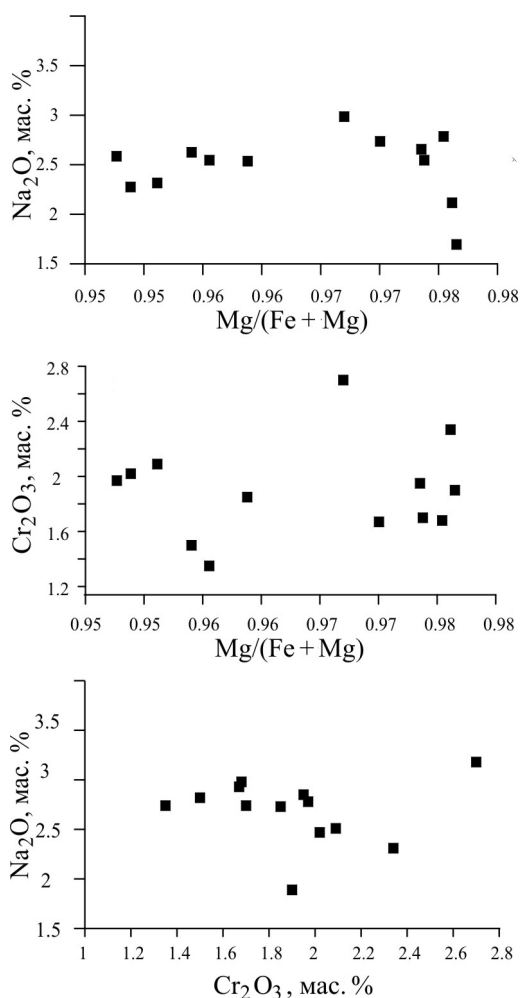
катами, карбонатами и платиноидами. В силикатном заполнении преобладает серпентин, но постоянно встречается флогопит и глаголевит. Карбонаты представлены кальцитом, арагонитом, гидрокарбонатами кальция и магния. Минералы платиновой группы вместе с силикатами образуют гнезда размером до 7–8 мм (рис. 2), заполняющие интерстициальное пространство между зернами хромшпинелидов и залечивающие в них трещины, что указывает на более позднее образование МПГ. В количественном отношении интерстициальные платиноиды резко преобладают над мелкими включениями МПГ в хромшпинелидах. Среди МПГ доминируют сплавы железа и платины (изоферроплатина и тетроферроплатина), но в крупных гнездах одновременно присутствуют до десятка разных фаз ЭПГ. Помимо включений платиноидов хромшпинелид содержит полиминеральные включения, в виде отрицательных октаэдрических кристаллов, преимущественно сложенных силикатами, а также мономинеральные включения оливина. Состав хромшпинелида характеризуется высокой хромистостью  $Cr_2O_3 = 53–54$  мас. %,  $Cr/(Cr + Al) = 0.82$  при незначительно варьирующей магниальности  $Mg/(Mg + Fe^{+2}) = 0.57–0.63$ . Среднее содержание  $Al_2O_3 = 7.8$ , а  $TiO_2 = 0.4$  мас. %.

Эти богатые платиноидами хромититы в большом количестве содержат хромистый глаголевит, содержание которого в породах уступает только серпентину. Наибольшим распространением пользуется пластинчатые срастания глаголевита с серпентином, которые вместе образуют ксеноморфные зерна размером до 0.5–1 мм, заполняющие интерстициальное пространство между зернами хромшпинелида. Соотношение глаголевита и серпентина в таких сростках либо почти равное, либо глаголевит в них преобладает. При равном соотношении эти два минерала образуют пластинки почти одинаковой ширины. Когда глаголевит преобладает, серпентин образует в нем тонкие пластинчатые вростки (рис. 3а). Обратного соотношения отмечено не было. Характер распределения серпентиновой и глаголевитовой фаз в таких сростках наглядно виден на микрозондовых профилях и по результатам элементного картирования зерен (рис. 4). Серпентин характеризуется повышенными относительно глаголевита содержаниями Si и Mg, а глаголевит относительно серпентина содержит более высокие концентрации Na, Al, Fe. Крупные зерна глаголевита содержат мелкие субидiomорфные включения хромшпинелида и иногда срастаются с железо-платиновыми

**Таблица 1.** Химический состав глаголевитов из платиноносных хромититов (проба Пе-1129) Нижнетагильского массива, (мас. %)

№ в шлифах	1-201	1-402	1-403	4-201	4-202	4-203	12-101	12-102	12-201	12-202	13-402	13-401	5-101
компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO <sub>2</sub>	25.42	28.55	27.61	27.97	28.51	28.18	28.49	28.52	28.5	28.23	28.52	28.32	27.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.8	15.04	16.12	15.38	14.94	17.64	15.68	15.65	15.39	15.34	15.36	17.42	16.48
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.7	1.7	2.09	1.35	1.5	1.9	1.95	1.68	1.67	1.85	2.02	2.34	1.97
FeO*	2.13	1.73	3.23	2.89	3.08	1.47	1.75	1.63	1.98	2.69	3.33	1.46	3.24
MgO	34.2	35.65	34.73	35.18	35.77	34.51	35.67	35.67	35.74	35.1	34.37	34.02	33.84
Na <sub>2</sub> O	3.18	2.74	2.51	2.74	2.82	1.89	2.85	2.98	2.93	2.73	2.47	2.31	2.78
Сумма	86.49	85.48	86.39	85.61	86.69	85.6	86.48	86.25	86.26	86	86.19	85.95	85.61
Формульные коэффициенты													
Si	2.49	2.79	2.70	2.75	2.77	2.73	2.76	2.77	2.77	2.76	2.79	2.74	2.68
Al <sup>4</sup>	1.51	1.21	1.30	1.25	1.23	1.27	1.24	1.23	1.23	1.24	1.21	1.26	1.24
Al <sup>6</sup>	0.64	0.53	0.51	0.50	0.44	0.74	0.55	0.57	0.53	0.52	0.55	0.78	0.58
Cr	0.21	0.13	0.16	0.10	0.12	0.15	0.15	0.13	0.13	0.14	0.16	0.18	0.15
Fe <sup>2+</sup>	0.17	0.14	0.26	0.24	0.25	0.12	0.14	0.13	0.16	0.22	0.27	0.12	0.27
Mg	4.98	5.20	5.06	5.16	5.19	4.99	5.15	5.16	5.18	5.12	5.01	4.91	4.98
Na	0.60	0.52	0.48	0.52	0.53	0.36	0.54	0.56	0.55	0.52	0.47	0.43	0.53

Примечание. Рудное тело Пе-1129, 1–12 – глаголевит из интерстиций хромшпинелидов, 13 – включение глаголевита в хромшпинелиде, FeO\* – все железо в виде FeO. Количество катионов приведено в пересчете на 14 атомов кислорода. Анализы выполнены на электронно-зондовом микроанализаторе CAMECA SX 100. ЦКП “Геоаналитик” ИГТ УрО РАН, аналитик Д.А. Замятин.



**Рис. 5.** Диаграммы Mg/(Mg + Fe)–Na<sub>2</sub>O, Mg/(Mg + Fe)–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Na<sub>2</sub>O для глаголевитов.

сплавами, что может указывать на совместный рост минералов.

Иногда глаголевит образует идиоморфные включения в хромшпинелиде, подчиняющиеся кубической симметрии октаэдрических кристаллов минерала-хозяина (рис. 3б). В этой ситуации он часто входит в ассоциацию с другими хромистыми силикатами: хромдиопсидом, хромпаргаситом, флогопитом, хром-кальциевыми гранатами, а также с платиноидами [1, 7]. Еще реже встречается глаголевит, образующий тонкие зоны на границе между включениями хромистого оливина в хромшпинелиде (рис. 3в). В этом случае глаголевит является единственным силикатом, сопровождающим мономинеральные оливиновые включения.

Изученный нами глаголевит характеризуется содержаниями Na<sub>2</sub>O и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, варьирующими от 2.51 до 3.18 мас. % и от 1.5 до 2.7 мас. % соответственно, поэтому он отнесен к хромистой разновидности глаголевита (таблица 1). Усредненная формула глаголевита из Нижнетагильского массива – Na<sub>0.52</sub>(Mg<sub>5.2</sub>Fe<sub>0.14</sub>Cr<sub>0.13</sub>Al<sup>6+</sup><sub>0.53</sub>)<sub>Σ6</sub>[Si<sub>2.79</sub>Al<sup>4+</sup><sub>1.21</sub>O<sub>10</sub>](OH, O)<sub>8</sub>H<sub>2</sub>O. Идеализированная формула глаголевита NaMg<sub>6</sub>[Si<sub>3</sub>AlO<sub>10</sub>](OH, O)<sub>8</sub>H<sub>2</sub>O выведена из формулы клинохлора □Mg<sub>5</sub>Al[Si<sub>3</sub>AlO<sub>10</sub>](OH)<sub>8</sub>, вакансией обозначено пространство, в результате заполнения которого натрием и водой образуется глаголевит [9]. Вариации химического состава глаголевита характеризуют данные в таблице и отражены на диаграммах (рис. 5). Можно констатировать, что составы глаголевита всех морфологических разновидностей, в целом, перекрываются, что может свидетельствовать о близости составов минералообразующей среды и условий кристаллизации гла-

голевита, образующих как включения в хромшпинелиде, так и крупные зерна в цементе руд. Установленное нами широкое распространение глаголевита, образующего не только включения в рудном хромшпинелиде и платиноидах, но наравне с серпентином и другими минералами формирующим цемент руд, может свидетельствовать об активном участии щелочных флюидов в процессе благороднометалльного рудообразования.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 13-05-00597, 13-05-96031, 12-05-00112-а, программ УрО РАН № 12-С-5-1004, Президиума РАН № 12-П-5-1020 и 12-П-5-1024.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникина Е.В., Пушкарев Е.В., Ерохин Ю.В., Вилисов В.А. Хлорит в хромо-платиновых рудах Платиноносного пояса Урала: Особенности состава и парагенезисы // Записки ВМО. 2001. № 2. С. 92–100.
2. Бетехтин А.Г. Платина и другие минералы платиновой группы. М.: ОНТИ, 1935. 148 с.
3. Высоцкий И.К. Месторождения платины Исковского и Нижне-Тагильского районов на Урале. СПб: Тр. Геол. Комитета. Нов. сер. Вып. 62. 1913. 694 с.
4. Ефимов А.А. Платиноносный пояс Урала: тектоно-метаморфическая история древней глубинной зоны, записанная в ее фрагментах // Отечественная геология. 1999. № 3. С. 31–39.
5. Заварицкий А.Н. Коренные месторождения платины на Урале // Материалы по общей и прикладной геологии. Вып. 108. СПб, 1928. С. 1–51.
6. Иванов О.К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала: (Минералогия, петрология, генезис). Екатеринбург: УрГУ, 1997. 488 с.
7. Пушкарев Е.В., Аникина Е.В., Гарути Дж., Заккарини Ф. Хром-платиновое оруденение Нижнетагильского типа на Урале: структурно-вещественная характеристика и проблема генезиса // Литосфера. 2007. № 3. С. 28–65.
8. Пушкарев Е.В., Аникина Е.В., Поленов Ю.А. и др. Хромистый глаголевит из собрания Уральского геологического музея // Вестник УрО ВМО. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. № 2. С. 83–88.
9. Середкин М.В., Органова Н.И., Кривовичев С.В. и др. Глаголевит  $\text{NaMg}_6[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH},\text{O})_8\cdot\text{H}_2\text{O}$  – новый минерал // Записки ВМО. 2003. № 1. С. 67–75.
10. Чащухин И.С., Вотяков С.Л., Пушкарев Е.В. и др. Окситермобарометрия ультрамафитов Платиноносного пояса Урала // Геохимия. 2002. № 8. С. 846–863.