

УДК 551.26:552.321.6(470.621)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕРПЕНТИНИТОВЫХ МАССИВОВ ЮЖНОГО УРАЛА И ПЕРЕДОВОГО ХРЕБТА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

¹Попов Ю.В., ²Пустовит О.Е.

¹ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: popov@sfedu.ru;

²ООО «ГеоБазисПроект», Ростов-на-Дону, e-mail: olupustovit@mail.ru

Альпинотипные апогипербазиты являются важным источником информации об особенностях мантийного субстрата и тектонической эволюции регионов. В случае глубокой серпентинизации, приведшей к утрате особенностей состава протолита и маркеров геодинамической приуроченности, реконструкции основываются на фрагментарных данных о реликтовых минералогическо-петрографических особенностях пород, что требует привлечения методов сравнительного анализа. В работе на основе минералогическо-петрографических признаков (состава аксессуарных хромшпинелей и состава серпентиновых ассоциаций) приведено сравнение серпентинитовых массивов Южного Урала (из Медногорско-Кракинского, Миасс-Куликовского, Казбаевского гипербазитовых поясов) и менее изученных массивов тектоно-формационной зоны Передового хребта Большого Кавказа (Беденского, Даховского, Кишинского, Нижнетебердинского). Для кавказских аксессуарных хромшпинелей обоснована принадлежность к офиолитовому тренду изменения составов (от хромпикотитов к субферрихромитам), присутствие реликтовых ядер и оторочек, отвечающих «мантийным» составам, преобладание зерен с характерным для гарцбургитов составом. Рассмотренные апогипербазиты Передового хребта Большого Кавказа по составу аксессуарных хромшпинелей и серпентиновых ассоциаций близки к гарцбургитовым массивам Миасс-Куликовского пояса и сходных с ними массивов восточной ветви Медногорско-Кракинского пояса Южного Урала, образованных за счет деплетируемого верхнемантийного субстрата. Сопоставляемые комплексы отвечают офиолитам супра- и надсубдукционных зон. Для апогипербазитов обоих регионов характерна латеральная смена лизардитовых ассоциаций на существенно антигоритовые в массивах, проявляющих более высокую степень преобразования хромшпинелей (в соответствии с направленностью офиолитового тренда), что, видимо, связано с их положением в герцинском структурном плане – в ходе обдукции удаленные от осей палеосубдукции массивы претерпели меньшую тектоно-метаморфическую переработку в коровых условиях.

Ключевые слова: серпентиниты, офиолиты, хромшпинелиды, беденский комплекс, Южный Урал, Передовой хребет

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SERPENTINITE MASSIFS OF THE SOUTHERN URALS AND THE PEREDOVOY RANGE OF THE GREATER CAUCASUS

¹Popov Yu.V., ²Pustovit O.E.

¹Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: popov@sfedu.ru;

²GeoBasisProect Ltd, Rostov-on-Don, e-mail: olupustovit@mail.ru

Alpinotype apohyperbasites are an important source of information about the features of the mantle substrate and the tectonic evolution of the regions. In the case of deep serpentinization, which led to the loss of protolith compositional features and markers of geodynamic attribution, reconstructions are based on fragmentary data on relict mineralogical-petrographic features of rocks, which requires the use of comparative analysis methods. In this research on the basis of mineralogical-petrographic features (the composition of accessory chrome-spinels and the composition of serpentine associations) a comparison is made of the serpentinite massifs of the Southern Urals (Mednogorsk-Krakinisky, Miass-Kulikovsky, Kazbaevsky hyperbasite belts) and less studied massifs of the tectono-formational zone of the Peredovoi range of the Greater Caucasus (Bedensky, Dakhovsky, Kishinsky Nizhneteberdinsky). For Caucasian accessory chrome-spinels, the belonging to the ophiolitic trend of compositional changes (from chrompicotites to subferrichromites), the presence of relict cores and rims corresponding to “mantle” compositions, and the predominance of grains with a composition characteristic of harzburgites are justified. In terms of the composition of accessory chrome-spinels and serpentine associations, the considered apohyperbasites of the Peredovoi range of the Greater Caucasus are close to the harzburgite massifs of the Miass-Kulikovsky belt and similar massifs of the eastern branch of the Mednogorsk-Krakinisky belt of the Southern Urals, which were formed due to the depleted upper-mantle substrate. The compared complexes correspond to ophiolites of supra- and oversubduction zones. Apohyperbasites of both regions are characterized by a lateral change of lizardite associations to essentially antigoritic ones in massifs showing a higher degree of transformation of chrome-spinels (in accordance with the direction of the ophiolitic trend), which, apparently, is associated with their position in the Hercynian structural plan – during obduction, massifs remotored from the axes of paleosubduction have undergone less tectono-metamorphic changes in crustal conditions.

Keywords: serpentinites, ophiolites, chrome-spinelides, bedensky complex, Southern Urals, Peredovoy Range

Апогипербазитовые массивы, входящие в состав складчато-глыбовых структур подвижных поясов, являются важным источником информации об особенностях мантий-

ного субстрата и тектонической эволюции региона. Однако в условиях глубокой серпентинизации и дислоцированности реконструкция особенностей протолита часто

основывается на фрагментарных данных о реликтовых минералого-петрографических особенностях пород, что требует привлечения методов сравнительного анализа. К числу наиболее хорошо изученных апогипербазитовых комплексов территории России принадлежат массивы Южного Урала. Более дискуссионным является определение формационной и геодинамической приуроченности протолита серпентинитов Большого Кавказа.

В работе приводятся результаты сравнительного анализа комплекса апогипербазитов Южного Урала и тектоно-формационной зоны Передового хребта Большого Кавказа, с герцинской покровно-складчатой структурой которой связана основная масса серпентинитов на Большом Кавказе. Объектом изучения среди кавказских апогипербазитов послужили Беденский, Даховский, Кишинский, Нижнетебердинский

серпентинитовые массивы, ассоциирующие с метапородами блоков кристалликума и относимые к беденскому комплексу (рис. 1); возраст включаемых в него пород проблематичен (условно они отнесены к позднему протерозою). Практическая значимость такого сравнительного анализа определяется необходимостью сопоставления на формационном уровне хорошо охарактеризованных в минерагеническом плане уральских серпентинитовых комплексов с кавказскими массивами, для которых обсуждаются перспективы платиноносности, в пользу которой свидетельствуют литохимическая обогащенность офиокластитов Тоханского тектонического покрова, содержащего продукты экзогенного разрушения серпентинитов, находки в шлиховых пробах из аллювия рек, размывающих Беденский массив, минералов платиновой группы и ряд других признаков.

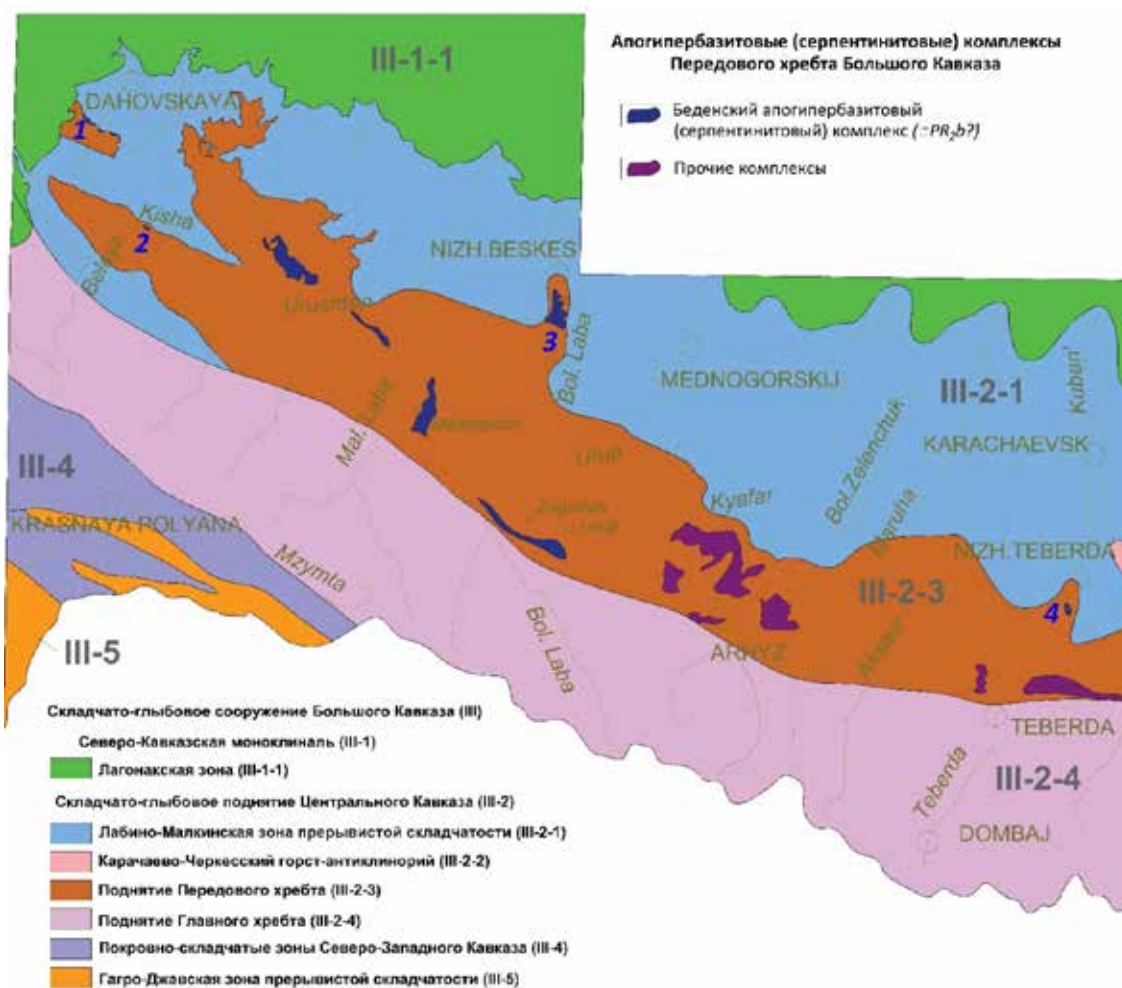


Рис. 1. Схема положения серпентинитовых массивов Передового хребта Большого Кавказа. Рассматриваемые массивы беденского апогипербазитового комплекса: 1 – Даховский, 2 – Кишинский, 3 – Беденский, 4 – Нижнетебердинский

Материалы и методы исследования

Данные о структурно-текстурных особенностях и минеральном составе серпентинитов, составе и строении зональных аксессуарных хромшпинелей кавказских массивов основываются на ранее опубликованных нами данных, опирающихся на результаты исследований с применением комплекса современных инструментальных методов анализа (электронно-зондовых исследований, синхронного термического, рентгенофазового анализа и др.) [1–3]. Характеристика уральских серпентинитов приведена в многочисленных работах (результаты которых обобщены в монографиях [4, 5 и др.]); использованы преимущественно изложенные в работах [6–8] материалы, полученные на основании близкого к проведенному нами комплексу минералого-петрографических исследований, что обеспечивает сопоставимость данных.

Результаты исследования и их обсуждение

В герцинской структуре Южного Урала выделяются с запада на восток несколько поясов альпинотипных гипербазитов, связанных с зонами офиолитовых меланжей. На западе, в Магнитогорской мегазоне (в составе Присакмаро-Вознесенской зоны меланжа, продолжающегося на север в зону Главного Уральского разлома), расположен Медногорско-Кракинской гипербазитовый пояс. Офиолиты этой зоны связываются с обстановкой окраинно-континентального рифта, к югу переходящего в спрединг с формированием габбро-гипербазитовых массивов гарцбургитового типа (Хабарнинский, Кемпирсайский). На западе пояса обнажены массивы лерцолитового типа (Кракинские, Узьянский, Меднянский, Нуралинский, Тарлауский и др.), относимые к «щелевым» офиолитам (формирование которых сходно с условиями Афарской депрессии), субстрат которых связан с фрагментами верхней мантии Восточно-Европейского кратона и несет признаки плавления на разных глубинах, в том числе в области в неистощенной мантии [4]. В этих массивах широко проявлена лизардитизация, а хризотилловые разновидности развиты преимущественно на флангах массивов и в зонах разрывных нарушений. Восточные массивы этого пояса принадлежат гарцбургитовому типу (Аушкульский, Калканский, Байгускаровский, Ишкинин-

ский); в составе Байгускаровского меланжа ассоциируют с островодужными базальтами [4]. Вдоль восточного фланга мегазоны протягивается Восточно-Магнитогорский меланж, включающий массивы гарцбургитового (с присутствием лерцолитов) типа Миасс-Куликовского пояса (Аминевский, Куликовский, Кацбахский), структурно связанные с офиолитами Арамилско-Сухтелинской зоны Восточно-Уральской мегазоны, включающими глубоководные кремнистые сланцы и вулканиты, петрохимически близкие к океаническим. Апогипербазиты несут признаки связи с сильно истощенными реститами, характерными для оснований островных дуг [7]. Серпентинитовые ассоциации включают как преобладающие антигоритовые, так и лизардит-хризотилловые. На востоке, в составе Восточно-Уральской мегазоны, расположен Казбаевский пояс ультрабазитов, объединяющий массивы апогарцбургитовых преимущественно хризотил-антигоритовых серпентинитов (Успенковский, Татищевский, Варшавский, Верблюжьегорский и др.), связываемые с обедненным легкоплавкими петрогенными компонентами субстратом и спрединговой обстановкой, вероятно, задугового бассейна. В составе Миасс-Куликовского и Казбаевского поясов широко развиты антигоритовые серпентиниты [6, 7].

В структуре Передового хребта Большого Кавказа тела серпентинитов беденского комплекса образуют преимущественно небольшие по площади массивы, пластины и линзовидные тела, тектонически ассоциирующие с пластинами раннегерцинских покровов и заключенные между блоками кристалликума. При этом апогипербазиты обычно оторваны от пакетов тектонических покровов и залегают в зонах разломов, нередко являющихся зонами тектонического пододвигания. На северном фланге Передового хребта Беденский серпентинитовый массив (имеющий плитообразную форму) и небольшой Нижнетебердинский массив приурочены к области надвигания комплексов Передового хребта на структуры Карачаево-Черкесской тектоно-формационной зоны, трассируемой зоной крупных разломов. Для массивов характерны вариации состава серпентинитов от лизардит-хризотилловых до хризотил-антигоритовых. Апогипербазиты ассоциируют с Тоханским тектоническим покровом, породы которого относят либо к задуговому, либо к фрон-

тальному бассейну, и блоком догерцинского кристалликума. На западном продолжении зоны разломов, за пределами Передового хребта, на фланге Даховского поднятия кристалликума серпентиниты обнажаются в виде серии сильно дислоцированных линзовидных тел. Их состав изменяется от преобладающего лизардитового до хризотил-антигоритового в зонах циркуляции гидротермальных растворов, связанных с позднегерцинскими гранитоидами. Южнее серпентинитовые массивы

и небольшие тела приурочены к разломам блоков кристалликума и границам пластин тектонических покровов – Кизилкольского островодужного и Марухского океанического. Последний образован офиолитовой ассоциацией, включающей частично серпентинизированные гипербазиты, габброиды, базальтоиды и вулканогенно-осадочные породы; большинством исследователей он отождествляется с фрагментом океанической коры задугового бассейна.

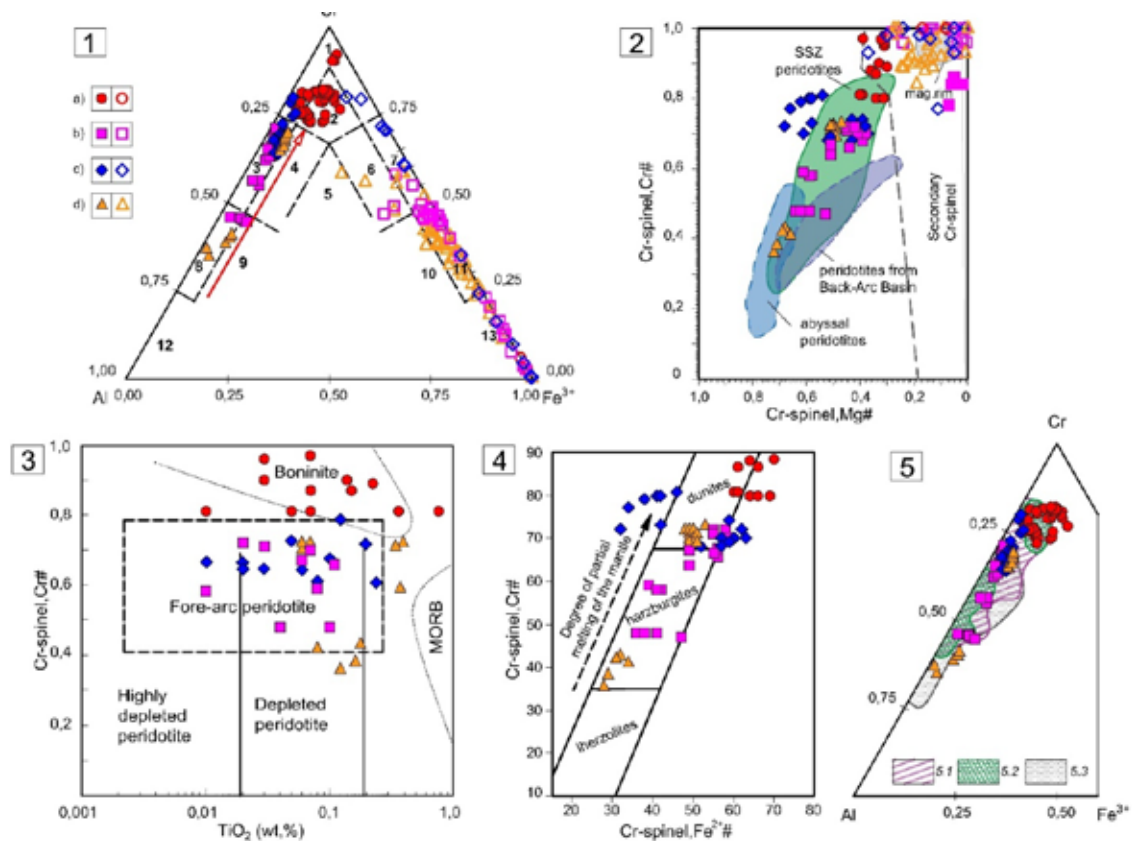


Рис. 2. Положение составов хромшпинелидов на диаграммах
 Условные обозначения: 1) поля составов на классификационной диаграмме Al – Cr – Fe³⁺, в соответствии с номенклатурой, разработанной Н.В. Павловым: 1 – хромиты, 2 – субферрихромиты, 3 – алюмохромиты, 4 – субферриалюмохромиты, 5 – ферриалюмохромиты, 6 – субалюмоферрихромиты, 7 – феррихромиты, 8 – хромпикотиты, 9 – субферрихромпикотиты, 10 – субалюмохроммагнетиты, 11 – хроммагнетиты, 12 – пикотиты, 13 – магнетиты; стрелкой обозначен первичный тренд дифференциации в верхней мантии;
 2) поля составов метаморфических хромшпинелидов (по [9]) абиссальных перидотитов, надсубдукционных зон и задуговых бассейнов на классификационной диаграмме Cr# – Mg#;
 3) классификационная диаграмма Cr# – TiO₂ (по [10]);
 4) классификационная диаграмма Cr# – Fe²⁺# (на примере хромшпинелидов Урала [8]); 5) поля составов акцессорных хромшпинелидов из массивов Южного Урала (по [7]) на диаграмме Al – Cr – Fe³⁺: Центральный пояс: 5.1 – Калканский и Ишкинский массивы, 5.2 – Куликовский массив; Восточный пояс: 5.3 – Варшавский, Верблюжьегогорский, Татищевский, Успеняский, Наследницкий, Могутовский, Караяжный, Дружининский, Гогинский массивы. Составы хромшпинелидов: а) Даховский массив, б) Кишинский массив, в) Беденский массив, д) Нижнетебердинский массив; ядра – залитые значки, оторочки – незалитые

Рассматриваемый в работе Кишинский серпентинитовый массив, сложенный тектонизированными хризотил-антигоритовыми и антигоритовыми серпентинитами, залегает между сложенным метапородами (PR₂?) Ацгаринском тектоническом покровом и Кизилкольским покровом (PZ₂) в составе Пшекиш-Бамбакского поднятия, контролируемого Пшекиш-Тырныаузской шовной зоной, отделяющей тектоно-формационную зону Передового хребта от расположенной к югу зоны Главного хребта. Восточнее в составе Ацгаринского покрова известны пластины частично серпентинизированных гарцбургитов.

Состав ядер и их оторочек акцессорных хромшпинелей из кавказских серпентинитов укладывается в общий тренд эволюции составов, свойственный офиолитам (рис. 2.1), и отражает присутствие зерен с «магматическими» составами (рис. 2.2).

Ядра хромшпинелидов хромпикотитового состава (Cr# ~0,4, Mg# ~0,7) отмечены в серпентинитах Нижнетебердинского массива, где они обрамляются феррихромит-хроммагнетитовыми оторочками. Преобладают алюмохромитовые составы: в Нижнетебердинском массиве обычны однородные алюмохромитовые зерна с магнетитовыми каймами обрастания; в Беденском массиве – алюмохромитовые ядра с хромит-феррихромит-хроммагнетитовыми оторочками и магнетитовыми каймами; в Кишинском массиве – алюмохромитовые ядра (с редкими участками хромпикотитового состава) обрамляют широкие каймы феррихромит-хроммагнетитового состава. Для серпентинитов Даховского выступа характерны однородные субферрихромит-хромитовые зерна (Cr# ~0,8, Mg# ~0,4), обрамленные магнетитовыми оторочками.

Сопоставление южноуральских и кавказских серпентинитовых комплексов по одному из наиболее информативных маркеров – составу хромшпинелей – приводит к следующим заключениям. Составы кавказских хромшпинелей уверенно отличаются от присутствующих в лерцолитовых массивах Медногорско-Кракинского пояса отсутствием высокоглиноземистых разновидностей и указывают на связь с деплетированным мантийным гарцбургитовым, а не лерцолитовым, субстратом (рис. 2.3, 2.4). При этом их составы достаточно уверенно укладываются в поля, характерные для гарцбургитовых массивов Миасс-Куликовского пояса и сходных с ними массивов восточной

ветви Медногорско-Кракинского пояса (рис. 2.5) (или Центрального пояса [7]). Сходство прослеживается и в отношении характера серпентинизации: кавказские ультрабазиты нацело серпентинизированы с развитием лизардит-хризотилловых ассоциаций, сменяющихся антигоритовыми в зонах интенсивного рассланцевания и брекчирования.

Заключение

Рассмотренные апогипербазиты Передового хребта Большого Кавказа по составу акцессорных хромшпинелей и серпентинитовых ассоциаций близки к гарцбургитовым массивам Миасс-Куликовского пояса и сходных с ними массивов восточной ветви Медногорско-Кракинского пояса, образованных за счет деплетированного верхнемантийного гарцбургитового субстрата. Сопоставляемые комплексы отвечают офиолитам супра- и надсубдукционных зон. Для апогипербазитов обоих регионов характерна латеральная смена существенно лизардитовых ассоциаций на существенно антигоритовые в массивах, проявляющих более высокую степень преобразования хромшпинелей (в соответствии с направленностью офиолитового тренда), что, видимо, связано с их положением в герцинском структурном плане – в ходе обдукции удаленные от осей палеосубдукции массивы претерпели меньшую тектоно-метаморфическую переработку в коровых условиях.

Обращает на себя внимание сходство акцессорных хромшпинелей из пород Даховского массива Большого Кавказа и части Куликовского массива Южного Урала (рис. 2.5), для которого (а также Кемпирсайского массива) характерна широкая вариация состава хромшпинелей (в отличие, например, от Кракинских массивов). С учетом соответствия их дунитовым составам (рис. 2.4) и высокой хромистости, связываемой с взаимодействием с расплавами (рис. 2.3), можно предполагать образование вмещающих их аподунитов за счет гарцбургитов в результате реакции последних с проникающими снизу расплавами (как это обосновывается в работе [8]).

Список литературы

1. Геология и полезные ископаемые России. В 6 т. Т. 1. Запад России и Урал. Кн. 2. Урал / Ред. О.А. Кондияйн. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. 584 с.
2. Попов Ю.В., Жабин А.В., Пустовит О.Е. Минеральный состав серпентинитов тектонического меланжа Даховского кристаллического выступа (Большой Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т. 9. № 4. С. 38–48. DOI: 10.23671/VNC.2019.4.44487.

3. Попов Ю.В., Пустовит О.Е., Никулин А.Ю. Минеральный состав серпентинитов Кишинского массива (Большой Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. 2021. Т. 11. № 1. С. 38–51. DOI: 10.46698/VNC.2021.91.98.004.
4. Попов Ю.В., Пустовит О.Е., Терещенко В.А. Акцессорные хромшпинелиды серпентинитов тектонического меланжа Даховского поднятия (Большой Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. 2020. Т. 10. № 2. С. 38–55. DOI: 10.46698/VNC.2020.21.55.003.
5. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
6. Савельев Д.Е., Сначев В.И., Рыкус М.В. Габбро-гипербазитовые массивы Тогузак-Аятского района (Южный Урал) // Нефтегазовое дело. 2010. Т. 8. № 1. С. 15–28.
7. Савельев Д.Е. Состав акцессорных хромшпинелидов из ультрабазитов Южного Урала как отражение геодинамической обстановки формирования массивов // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 1 (18). С. 17–25.
8. Чашухин И.С. О генетических типах дунитов в ультрамафитах складчатых областей (на примере Урала) // Известия Уральского государственного горного университета. 2019. Вып. 2 (54). С. 42–48. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-2-42-48.
9. Grieco G., Merlini A. Chromite alteration processes within Vourinos ophiolite. *International Journal of Earth Sciences*. 2012. Vol. 101 (6). P. 1523–1533.
10. Lasheen E.S.R., Saleh G.M., Khaleal F.M., Alwetashi M. Petrogenesis of Neoproterozoic Ultramafic Rocks, Wadi Ibib – Wadi Shani, South Eastern Desert, Egypt: Constraints from Whole Rock and Mineral Chemistry. *Appl. Sci*. 2021. Vol. 11. DOI: 10.3390/app112210524.